

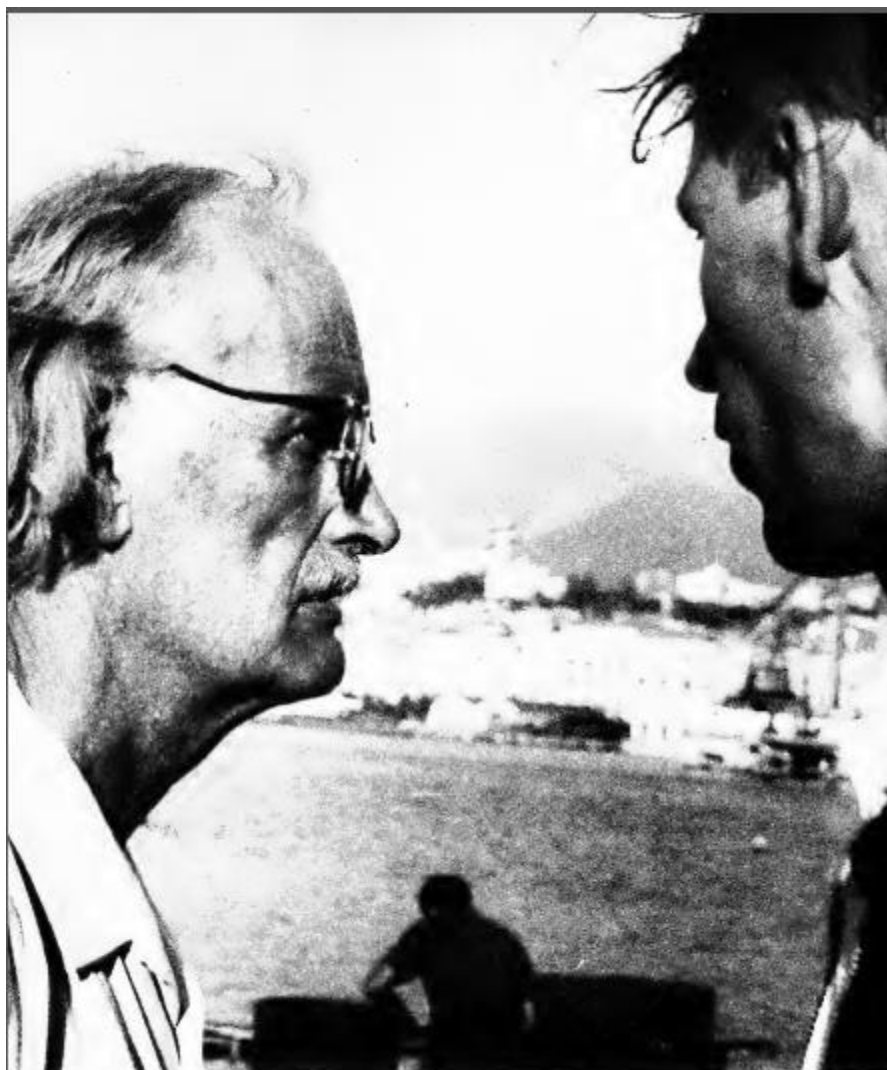


Marine Biological Laboratory Library
Woods Hole, Mass.



Presented by

Oxford Univ. Press, Inc.
August, 1959



Professor Piccard e seu filho Jacques, os designers do Trieste

PARA MEU FILHO
JACQUES PICCARD

Croix de Guerre

em reconhecimento de sua inestimável ajuda que possibilitou a construção do Trieste e
seu mergulho em águas profundas.

. . . reabastecer a terra e subjugar-lá; e dominar os peixes do mar, e sobre a ave do ar, e
sobre todos os seres vivos que se movem sobre a terra ".

Gênesis 1:28

Conteúdo

<i>Introdução.....</i>	<i>6</i>
------------------------	----------

Parte Um

DA ESTRATOSFERA AO SOLO OCEÂNICO

1 Na Estratosfera.....	9
2 Homem Abaixo das Águas.....	22
3 O Princípio do Batiscafo.....	29
4 A construção do FNRS 2.....	37
5 A caminho de Dakar.....	46
6 Mergulho em Cabo Verde.....	48
7 O FNRS 3	58

Parte Dois

O TRIESTE

1 O Flutuador.....	61
2 A Cabiine.....	69
3 Equipamentos da Cabine.....	75
4 Para Castellammare di Stabia.....	86
5 O primeiro mergulho do Trieste.....	87
6 Mergulho para 594 braças fora de Capri.....	91
7 Mergulho para 1700 braças.....	101

Parte Três

NO FUTURO

1 O que o golfinho nos ensinou.....	111
2 O Mesoscaphe, o helicóptero submarino...114	
3 A Oceanografia do Amanhã.....	116

Parte Quatro

APÊNDICES TÉCNICOS

1 Testes de Força feitos em Modos de Vigia..118	
2 válvulas magnéticas e eletroímãs.....	120
3 Forma do Flutuador.....	126
4 Divisões transversais do flutuador.....	127
5 Espessura de folhas de metal do flutuador...128	
6 As Quilhas.....	129
7 Métodos Diferentes de Verificação da	
Homogeneidade do Metal na cabine.....	131
8 Gráfico dos momentos da dobradiça	
na porta.....	131
9 Passagem dos Cabos e Tubos Elétricos	
através da Parede da cabine.....	132
10 As Válvulas Alternativas.....	138
11 A válvula de controle.....	140
12 Medidor de baixa pressão Uma tentativa	
de atualização.....	143
Reconhecimentos.....	148

EARTH, SKY AND SEA

(Terra, Céu e Mar)

By Auguste Piccard

Traduzido por Bruno H.A.H. de Jesus

Introdução

Este livro não é um manual: não é minha intenção explicar aos engenheiros como deve ser feito construir um batiscafo. Se esse fosse o meu objetivo, esse trabalho conteria muitos mais detalhes técnicos e a maioria dos seus leitores acharia tentativa: é por isso que evitei, na medida do possível, fórmulas e figuras.¹

Este trabalho também não tenta manter seus leitores sem fôlego: os mergulhos de águas profundas efetuados com o Trieste se adaptaram muito às nossas previsões para serem dramáticos. Se, quando estivéssemos no fundo do mar, tivéssemos algum problema em liberar lastro e, se tivéssemos mal conseguido subir de novo depois de vinte e quatro horas, eu poderia facilmente ter dramatizado essa conta. Mas, para mim, um livro de tal natureza não teria razão para a existência: pelo contrário, gostaria de mostrar que o batiscafo é um dispositivo confiável, no qual o pai de uma família pode confiar em si mesmo sem ansiedade.

A construção de um submarino abissal certamente não é jogo infantil: requer a solução de uma infinidade de problemas. Mas, no final, não há dificuldade insuperável: é isso que eu queria provar. Tentei me expressar de tal forma que qualquer um, mesmo que ele nunca tivesse que lidar com problemas técnicos, pode me entender. Em particular, tive em mentes jovens que ainda não possuem o equipamento científico que adquirem mais tarde, mas que já estão apaixonadamente interessados nas conquistas da ciência e da indústria moderna.

Mas, enquanto entendendo melhor as dificuldades, espero, compartilhe comigo a alegria que sentiu em superá-los. As pessoas muitas vezes me perguntaram por que, depois do balão estratosférico, eu queria construir o batiscafo, um submarino projetado para grandes profundidades. Veremos nos próximos capítulos que as analogias entre as duas máquinas são impressionantes, embora sejam destinadas a fins diametralmente opostos. É provável que o destino deseje tornar frutíferas estas analogias ao confiar o mesmo físico ao trabalho de ambos os tipos de aparelhos. E como podemos nos estabelecer contra o nosso destino, especialmente quando o fim em vista é tão bom? quando é desempenhar a nossa parte em uma das tarefas esplêndidas para os homens, a conquista do nosso mundo? Para descobrir novos países, escalar os picos mais altos, viajar por novas áreas do espaço celestial, transformar nossos holofotes em domínios de trevas eternas, é isso que faz a vida valer a pena viver.

No entanto, o buscador científico moderno não deve se dirigir primeiro para esses perigos. O esporte do cientista consiste em utilizar tudo o que ele conhece, ao prever todos os perigos, ao estudar cada detalhe com profunda atenção, sempre usando o admirável instrumento de análise matemática, onde quer que possa derramar sua luz mágica em seu trabalho. Se ele está convencido de que antecipadamente ele evitou todos os riscos imagináveis e não negligenciou nada em seus planos, o cientista então tem a serenidade necessária para alcançar o sucesso. De que serve a pesquisa oceanográfica. Esta pergunta me foi perguntada mais de uma vez. É inútil. Existem dois tipos de pesquisa. Para começar, o cientista trabalha com o amor da pesquisa, sem um objeto determinado, sem sempre perceber aplicações práticas diretas de seu trabalho. Ele descobre novos fatos, relações desconhecidas. Mesmo que isso pareça insignificante, um dia virá quando os resultados obtidos se revelarem úteis. É então, mas só então, essa pesquisa se volta para a prática. Indústria com seus ótimos recursos,

¹*Certos detalhes técnicos serão encontrados nos Apêndices no final.*

em seguida, tomam uma mão. A descoberta mais dispare são ajustadas como peças de um conjunto de Mecânica, e o que falta é descoberto em novas pesquisas. Em seguida, um novo edifício científico é construído, algo de que a humanidade se beneficiará.

Podemos fazer a seguinte declaração sem o risco de sermos contrariados por eventos futuros: cada descoberta, mesmo a mais aparentemente insignificante, acabará sendo útil para o homem. Para apoiar o que acabamos de dizer, inúmeros exemplos podem ser citados. Aqui estão dois; O físico dinamarquês Oersted (que descobriu o alumínio) observou que uma corrente elétrica fez com que a bússola se desviasse. Uma boa descoberta, é claro, bastante inesperada também. Mas de que uso poderia ser? Então a década seguiu a década. A agulha magnética foi maior, a corrente mais forte. O único loop de Oersted foi substituído por uma bobina. O resultado é o eletroímã, o motor elétrico, o dínamo, toda a indústria elétrica, todas essas técnicas modernas das quais estamos tão orgulhosos. Em menos de um século, o dia de oito horas substituiu o dia de catorze horas. Foi realmente de tão pouca importância para a humanidade, que, em um pequeno laboratório, a agulha em uma bússola voltou quarenta círculos? Aqui está outro exemplo, mais recente. Neste caso, a descoberta fundamental e sua utilização prática aproximaram-se. Um cientista britânico, Alexander Fleming, se interessou por certas espécies de bactérias, mantendo-as vivas com gelatina, tomando conta de que nenhuma spora estrangeira entrou em sua cultura. No entanto, um esporo de mofo entrou. Um ponto verde surgiu e se desenvolveu. Fleming reconheceu isso como o *Penicillium notatum*, no qual ele não estava interessado. Este molde era mesmo um incômodo, pois, ao seu redor, as culturas de bactérias deixaram de se desenvolver.

Fleming poderia ter jogado toda a preparação e iniciado outra cultura, tendo ainda mais cuidado para evitar toda a contaminação. Mas por que razão as bactérias não podem viver no bairro do molde? Uma observação comum, talvez. Mas na biologia nenhum fato é comum. Fleming estudou o fenômeno mais perto. Outros investigadores o seguiram nessa direção e muito mais rapidamente do que a descoberta de Oersted (estamos no século XX), a observação de Fleming deu frutos. Todos sabem disso. O *Penicillium notatum* secreta em quantidade minuciosa um novo corpo, a penicilina. É tóxico para os germes que causam certas doenças. Curas não consideradas serão feitas atualmente, graças a isso e a outros antibióticos que foram descobertos como resultado indireto das pesquisas de um homem.

Fleming poderia ter jogado toda a preparação e iniciado outra cultura, tendo ainda mais cuidado para evitar toda a contaminação. Mas por que razão as bactérias não podem viver no bairro do molde? Uma observação comum, talvez. Mas na biologia nenhum fato é comum. Fleming estudou o fenômeno mais perto. Outros investigadores o seguiram nessa direção e muito mais rapidamente do que a descoberta de Oersted (estamos no século XX), a observação de Fleming deu frutos. Todos sabem disso. O *Penicillium notatum* secreta em quantidade minuciosa um novo corpo, a penicilina. É tóxico para os germes que causam certas doenças. Curas não consideradas serão feitas atualmente, graças a isso e a outros antibióticos que foram descobertos como resultado indireto das pesquisas de um homem.

O cientista, seja ele físico, químico ou oceanógrafo -, faz investigações então, primeiro fora do gosto pela pesquisa; e se uma nova região da terra, do subsolo, da atmosfera ou dos oceanos se abrir diante dele, se um novo fenômeno ou uma nova substância for descoberta, ele olha para a frente, pensando no futuro. O trabalho não foi feito em vão.

Ao inventar um instrumento capaz de navegar livremente sobre o fundo do oceano,
Eu satisfeito meu gosto pela invenção e, acredito, abri uma porta em
oceanografia.



EARTH, SKY AND SEA

PARTE UM

DA ESTRATOSFERA À CAMA DO MAR:

1: Na Estratosfera

Os meios técnicos chamados para a exploração da alta atmosfera e as profundidades submarinas apresentam analogias tão surpreendentes que meu editor me pediu brevemente para rever a conquista da estratosfera. ¹ Este trabalho visa essencialmente a descrição do meu batiscafo e suas viagens. Por que a realização do FNRS, pois esse era o nome do meu balão estratosférico, precede o do batiscafo? Isto é o que eu quero explicar.

Desde o início do século passado, percebeu-se que os gases com reputação de serem isoladores perfeitos para a eletricidade poderiam na realidade, em determinadas condições, conduzi-lo. Observou-se, em particular, que a passagem de eletricidade através dos gases era possível quando esses gases estavam expostos à radiação de corpos radioativos. Mas, o que foi surpreendente, essas observações feitas em um balão, para a atmosfera em altitudes de $2\frac{1}{2}$ milhas a $5\frac{3}{5}$ milhas, ² revelou um aumento de condutividade, enquanto, como a distância da terra e seus corpos radioativos aumentou, esperava-se que uma diminuição fosse observada. Isso levou os físicos a adotar a existência de outro fenômeno, o dos raios cósmicos provenientes do espaço exterior.

Era ampliar nosso conhecimento neste domínio que eu, um físico, concebi a idéia de ascender à estratosfera.

Lembremos em algumas linhas o que essa palavra significa. Quanto maior nos elevamos em nossa atmosfera, menores são as temperaturas que encontramos. Mas, como Teisserenc de Bort descobriu por meio de seus balões sonoros, entre $3\frac{3}{4}$ milhas e 10 milhas, de acordo com a latitude e a estação, encontramos um limite muito marcado para além do qual a temperatura deixa de cair, ou mesmo aumenta ligeiramente, com a altitude. Aqui, do ponto de vista meteorológico, começa a estratosfera, a região onde os deslocamentos verticais do ar, que produzem a condensação de água e a formação das nuvens, não existem mais. Assim, a estratosfera é justamente denominada a região do bem perpétuo clima. É porque ele começa em $7\frac{1}{2}$ milhas, como uma média em nossas regiões, que os aviadores em seu uso diário dão essa altitude como limite inferior.

Foi para esta região alta, para ser mais preciso a uma altitude de 10 milhas, que eu desejava ascender para encontrar os raios cósmicos para observá-los em massa, onde suas propriedades iniciais ainda não foram modificadas por colisões com as moléculas da nossa atmosfera.

¹ Sobre este assunto, veja meu livro: 'Acima das Nuvens' (Au-dessus des nuages); Bernard Grasset, éd.

² Estes e todos os cálculos a seguir são aproximações adequadas às figuras no livro do Professor Piccard. (Tradutor.)

Para uma série de investigações, o uso foi feito de balões de som, o balão livre clássico dificilmente permite que o homem faça um trabalho útil além de $3\frac{3}{4}$ a $7\frac{3}{8}$ milhas. Além desse alcance, de fato, o ar é muito rarefeito para o nosso organismo, e mesmo que os aeronautas disponham de um equipamento que lhes permita respirar oxigênio puro, eles não podem ficar por muito tempo acima de cerca de $7\frac{1}{2}$ milhas. O balão de

som era assim, para os meteorologistas, o único meio de explorar a alta atmosfera. Uma geração havia trabalhado para inventar instrumentos automáticos para gravação de pressão, temperatura e umidade. Mas a medida dos raios cósmicos era uma operação delicada de natureza muito diferente, e não podia ser efetuada no momento com a precisão necessária por esses instrumentos automáticos. É por isso que decidi me ascender a 10 milhas. Felizmente, eu estava licenciado como um piloto de balão livre e eu já fizemos uma dúzia de ascensões. Posso aqui relacionar como eu me tornei um aeronauta?

Como a maioria dos jovens do meu tempo, tive uma paixão por tudo relacionado de perto ou remotamente a essa nova ciência. Era a época em que a máquina mais pesada do que o ar fazia seus primeiros ensaios e quando apenas os otimistas previram o futuro desenvolvimento da aviação: a máquina mais leve do que o ar ainda era o rei do céu. Como um jovem físico, leio naturalmente todas as revistas aeronáuticas ao alcance. Uma questão estava sendo discutida neles por especialistas: o da distribuição das temperaturas do gás no interior dos balões esféricos. Agora, não concordei com os resultados publicados. Isso me pareceu estar em contradição com a teoria, e isso foi explicado pelo fato de que o método de medida escolhido não era adequado. Era necessário tomar as medidas novamente em melhores condições. Eu me dirigi ao Swiss Aero-Club (Aéro-Club Suisse) que, entendendo a importância do problema, me permitiu fazer vários assensos com esse objeto científico. Estas foram as minhas primeiras viagens. Eu tinha no interior do balão, ao longo de seu eixo vertical e também na vizinhança de seu equador, uma dúzia de termômetros elétricos, termocombustadores cujas junções frias estavam na cesta do balão. Eu próprio construí um potenciômetro simples e exato e, por meio de um galvanômetro Einthoven, eu poderia medir as temperaturas do gás dentro de aproximadamente um décimo de grau. Ao mesmo tempo, eu poderia, por meio de um tubo de borracha, tirar amostras de gás de diferentes partes do balão quando estava em diferentes alturas e determinar a densidade por meio de um aparelho de bunsen. Isso me permitiu seguir a difusão do ar através do pescoço e misturado lentamente com o gás. Todas essas medidas foram feitas para o dia e para a noite em diferentes altitudes, de modo a mostrar com mais clareza a influência da radiação solar. Esses estudos me familiarizaram com o balão. Eu não pensei então que mais tarde eles me levariam para a estratosfera.

Esses estudos me familiarizaram com o balão. Eu não pensei então que mais tarde eles me levariam para a estratosfera.

Eu disse que era o estudo de raios cósmicos que me levaram para a estratosfera. Na verdade, eu também tinha outro motivo para ir lá: queria induzir os serviços aéreos a usar a atmosfera alta, para viajar a altas velocidades a uma altitude onde o ar rarefeito oferece menos resistência. Mas uma vez que, na estratosfera, as baixas pressões tornam a vida humana impossível, eu teria que fazer uso de uma cabine hermética que permita a manutenção de uma atmosfera quase normal. Os especialistas daqueles dias consideraram minha sugestão como irrealizável. O que hoje nos parece elementar, naqueles dias pareceu utópico. Mas a única objeção que eles conseguiram fazer foi que, até então, ninguém jamais havia feito isso. Quantas vezes eu ouvi um raciocínio desse tipo! Mas é apenas a função do engenheiro colocar sua confiança na teoria ao criar algo novo. Se eu tivesse sido um aviador, talvez eu tivesse construído, no início, um avião estratosférico. Mas sendo um aeronauta, mergulhei na construção de um balão. Foi, além disso, uma coisa relativamente simples de suspender uma cabine hermética ao balão livre.

O Fundo Nacional Belga de Investigação Científica (Fund National Beige de la Recherche Scientifique), que acabara de ser fundado pelo rei Alberto I, apoiou meu projeto e me concedeu os créditos necessários. Em homenagem ao Fonds National, o balão foi batizado pelo FNRS.

Eu queria subir, como eu disse, para encontrar os raios cósmicos em um ponto em que eles ainda não teriam atravessado mais de um décimo da massa atmosférica. Agora, com tanta atitude, a pressão é, naturalmente, não mais de um décimo de uma atmosfera. Em outras palavras, a essa altura, a pressão do ar não passa de um décimo do que experimentamos no nível do mar. Como a força de elevação de um balão é proporcional à densidade do ar deslocado, como Arquimedes já nos havia dito, eu consegui construir um balão particularmente grande e leve para que ele pudesse transportar observadores, instrumentos e a cabine hermética.

Estimo o leitor os cálculos que fiz: tive que ter um envelope de 223,560 cu. ft., de 14 pés de diâmetro, feito de um material com o menor peso possível. Aqui surge a principal dificuldade na construção de balões estratosféricos: um balão deste volume, completamente inflado com hidrogênio, teria, em sua decolagem, uma elevação estática de quase 16 toneladas. Para resistir a essa força, o material e a rede teriam que ser extraordinariamente fortes e, portanto, pesados - tão pesados que o balão nunca chegaria a 10 milhas, onde um quintal cubano de hidrogênio suporta apenas um décimo, tanto quanto isso, aqui. Para permitir o uso de um envelope de luz, então, foi necessário introduzir no nosso balão, no momento da decolagem, apenas uma pequena parte do gás que poderia conter, um quinto do seu volume máximo. Durante a subida, este gás se expandiria sob o efeito da diminuição da pressão atmosférica e somente na estratosfera o envelope tomaria sua forma esférica.

Qual dos meus leitores esteve presente no aparecimento de um balão esférico? O envelope está espalhado no chão, como uma rede de elenco. Sobre ele, a rede está disposta. O gás é introduzido. O envelope dilata e levanta a rede, que é mantida (e esticada) por sacos de lastro. À medida que o volume do envelope aumenta, os sacos são retirados da malha em malha para serem enganchados em baixo. Durante toda essa operação, deve-se ter cuidado para que as dobras no envelope em expansão se abram completamente, sem serem presas nas dobras da rede. Quando o envelope se tornou esférico e atingiu a altura desejada, as cordas presas à rede são afixadas ao aro e o balão está preparado para a subida. Tudo isso é uma prática aceita.

Mas nosso FNRS foi para receber, no início, apenas uma pequena parte do gás que mais tarde o inflaria inteiramente. Foi assim apenas a parte superior que conteria gás, o restante do envelope ficando vazio e pendurado em grandes dobras soltas que seriam cheias progressivamente durante a subida. Nestas circunstâncias, o que deveria ser feito para evitar os acidentes decorrentes de dobras parcialmente retidos na rede? Não podíamos contar com uma procissão de anjos da guarda para liberar as dobras durante a subida; e como não conseguimos desistir do envelope, fomos obrigados a abandonar a rede. Por conseguinte, era necessário suspender o carro diretamente no envelope por meio de um cinto. (Fig. I. Placas 1 e 2.) Aqui surgiu uma dificuldade de

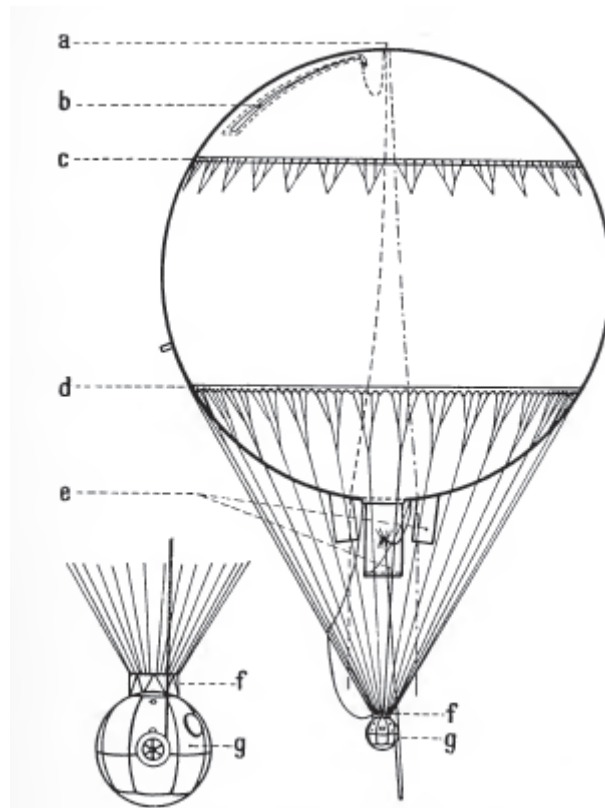


Fig. I. O balão estratosférico FNRS

- a) Válvula
- b) Paineis de extração
- c) Manobra Terrestre
- d) banda de carga
- e) Pescoços
- f) Anexo da cabine ao envelope
- g) Carro

uma nova ordem. Eu tinha escolhido Augsburg como o ponto de partida porque era lá que o balão tinha sido construído por Riedinger. Além disso, Augsburg tinha a vantagem de estar distante do mar em qualquer direção. Mas um balão, bem como um carro, está sujeito a regulamentos severos. Deve ser construído de acordo com as normas clássicas para obter seu certificado de aeronavegabilidade. Agora, o meu balão variou deles de forma intolerável, tanto pela ausência de uma rede como pela extrema leveza dos materiais de construção $12\frac{3}{5}$ oz a um quintal quadrado para os três quartos superiores e apenas $1\frac{3}{5}$ oz. Para o trimestre mais baixo, o todo coberto por $2\frac{4}{5}$ oz de borracha para o quintal quadrado).

Uma administração não pode fazer exceções, sobretudo quando um professor estrangeiro está em questão! A licença alemã foi assim recusada. Felizmente, os acordos internacionais permitem que um aeronauta suíço deixe a Alemanha com um certificado de aeronavegabilidade suíço originário de Berne e Berne, mais liberal, me deu a autorização solicitada.

Vejam agora a cesta do balão, ou melhor, o que teve em vez de uma cesta. Devemos ter uma cabine hermeticamente fechada, transportando ar respirável a uma pressão normal e capaz de resistir a essa pressão interna mesmo quando a pressão externa não

será mais de um décimo de uma atmosfera. Nossas vidas dependem da estanquidade ao ar e da força desta cabine. Deixe-nos, então, ter uma cabine esférica em folha de alumínio de uma espessura de um sétimo de uma polegada (3-5 mm). O diâmetro será de 7 pés (210 cm). Dois observadores, cercados por seus instrumentos, estarão perfeitamente à vontade aqui, examinando o mundo exterior através de oito vigias redondas de diâmetro conveniente, de 3 a 15 cm (8 cm). Para evitar o perigo de quebra causada pela diferença entre as pressões que prevalecem nas duas faces, estas janelas são construídas com duas folhas de vidro, cada uma com espessura de 0-3, separadas por uma fina camada de ar que contribui para o isolamento térmico. Assim, evitamos a formação de rime nas janelas, mesmo na estratosfera, onde a temperatura externa está no bairro de - 76 ° F. Essas janelas não oferecem perigo de quebra, mesmo quando obrigadas a sustentar uma diferença de pressões de nove décimos de uma atmosfera. Eu não imaginei então que, nove anos depois, eu deveria construir buchas para resistir a uma pressão de 600 atmosferas.

Como podemos, a partir desta cabine selada, conseguimos soltar o lastro sem fugas de ar? O princípio do ar ou da água é bem conhecido. É assim que, quando eu ainda era criança, observei seu funcionamento pela primeira vez. Um dia fui levado para visitar uma casa de vida. Em uma das gaiolas havia um leão e um domador de leões. Como o domador sairia sem que o leão pudesse acompanhá-lo? Foi uma revelação para o menino que eu era: o domador entrou em uma pequena gaiola adjacente através de uma porta que ele fechou atrás dele: somente depois disso ele abriu uma segunda porta que lhe deu acesso ao exterior: em nenhum momento as duas portas estavam abertas de uma vez e a besta não conseguiu sair. Quarenta anos depois não me esqueci dessa cena. O domador era agora o lastro, que teve que sair da cabine sem permitir que o leão, isto é, o ar, para segui-lo.

Foi suficiente aplicar o princípio da câmara de ar: que haja um recipiente com duas torneiras diretas. Por meio de um funil, despejamos o balastro no recipiente através do galo superior, o lastro sendo composto, no nosso caso, de chumbo. Então, depois que este galo é fechado, o galo inferior é aberto e, através dele, o balastro derrama diretamente para o exterior. Para que a chance de cair não prejudique os espectadores, é necessário um tiro muito fino. Certifiquei-me de que não havia perigo, ao ficar no fundo da grande chaminé da Universidade de Bruxelas sob uma chuva de tiro que foi derramada na minha cabeça a partir de 165 pés.

Tudo teria sido o melhor se as regulamentações internacionais permitissem algo diferente da areia ou da água para o lastro. O que era para ser feito? Para cortar toda a discussão curta, eu declarei que eu tinha como areia de chama de lastro. Esta explicação não suscitou objeção. No entanto, por definição, a areia é uma substância não metálica e ninguém já viu a areia de chumbo! Eu imitava assim o famoso sacerdote na anedota que foi servido com frango assado numa sexta-feira: ele batizou a "carpa" e foi assim capaz de apreciá-la com uma consciência tranquila.

Deixe-nos notar de passagem que foi um tiro de ferro que foi usado como lastro para os três batiscafos.

Meu irmão, por seu balão, encontrou um método gracioso para resolver o problema e satisfazer os regulamentos em vigor: desta vez o lastro é de areia, areia real e os sacos que o contêm estão dispostos na parte externa da cabine: cada um deles contém um detonador que os condutores elétricos se conectam com uma bateria alojada na cabine. Uma pressão simples no botão de comutação é suficiente: o saco rasga aberto e se esvazia. Depois, esse arranjo foi adotado no *Explorer II* com o qual os pilotos americanos chegaram a 13²/₃ milhas. O balão tinha sido inflado em um vale abrigado: o balão começou a subir quando, de repente, o vento bateu-o sobre as árvores em pé sobre

uma crista. Se o piloto não tivesse feito uso imediato de sua centralita, o *Explorer II* teria sido destruído. Nenhum outro sistema de sinergia teria sido rápido o suficiente para salvar o balão.

Não posso aqui dar toda a história da construção. No entanto, gostaria de descrever um incidente. Aconteceu no momento em que a construção do carro estava quase terminada. A cabana possuía dois poços de entrada, fechados por meio de escotilhas para serem postas de dentro: a pressão que prevalece na cabine força as escotilhas contra as juntas. Este princípio é empregado em todas as câmaras de pressão: a escotilha tem naturalmente um diâmetro maior que o da abertura. No entanto, para poder introduzir a tampa do reservatório geralmente, o orifício é feito oval: a tampa é inserida primeiro colocando a extremidade pequena e depois girando-a, colocando-a no lugar. Pelo contrário, eu pedira que os buracos na minha cabine fossem circulares: por um lado, esse sistema garantia uma melhor estanqueidade e, por outro lado, a forma redonda era mais adequada à forma esférica da cabine. Nesse caso, quando a cabine é concluída, não há mais possibilidade de entrar nas escotilhas. Eu, portanto, observei que as tampas deveriam ser colocadas na cabine antes de soldar a última folha de alumínio. Quando - dando o pedido, insisti mais uma vez nisso: é claro, os diretores da fábrica eram da minha opinião, mas não o trabalhador responsável. Melhor do que qualquer outra pessoa, ele sabia como gerenciá-lo: não era a primeira câmara de pressão que ele havia construído e sempre viu a tampa do reservatório em última instância. (Eu até o suspeito de nunca ter entendido por que os poços eram oval.) Para ele, um homem de ação, apenas uma experiência prática contada. Ele desconfiava da teoria e não ia permitir que ninguém lhe impusesse: ainda menos um professor universitário, cujos raciocínios eram abstratos. O carro foi soldado então, mas - sem escotilhas.

Fui convidado a examinar o efeito final. Meu primeiro olhar foi para o interior da cabine.

"Mas você esqueceu as escotilhas!"

"Não, eles estão lá". E me mostraram as escotilhas próximas.

"Mas você sabe que eles deveriam estar dentro. Agora você não poderá para recebê-los.

"Mas eu não vejo por que não", ele respondeu, convencido de que sua experiência era tão bom quanto a de dez professores universitários.

Ele pegou uma escotilha e virou-a em todas as direções, como uma criança tentando empurrar uma tampa de panela para a panela. Então, quando voltei para a fábrica, as duas capas estavam dentro da cabine. Prestei homenagem à destreza dos trabalhadores: e ainda me pergunto se eles tinham cortado as paredes novamente ou se eles haviam cortado as escotilhas e voltaram a vê-las uma vez que estavam dentro. Os reparos eram, em todo caso, completamente invisíveis.

Augsburg, setembro de 1930. No dia 14 de setembro, o balão foi inflado. Sabendo que o vento impedirá o aparecimento deste grande balão e poderia mesmo tornar a partida impossível, esperávamos várias semanas para previsões climáticas favoráveis. Mas, para o nosso grande desespero, o clima mudou abruptamente, um vento violento tomou uma mão e devemos esvaziar o balão e desistir da idéia de partida. Um grande desapontamento, é evidente, para o público e a imprensa!

Esperamos mais uma vez por um céu mais clemente, mas em vão. Tivemos que esperar até a primavera, o inverno não sendo uma estação favorável a um experimento deste tipo. Finalmente, em 26 de maio de 1931, as previsões meteorológicas foram favoráveis. Na noite de 26 a 27 de maio, obtivemos o balão inflado: 100,000 cu. ft. de hidrogênio. Mas na manhã do dia 27, o vento subiu mais uma vez e derrubou o balão: a

cabana foi jogada fora do transportador e colocou um pouco fora de forma (mais tarde, notaríamos as conseqüências disso). No entanto, com meu amigo e colaborador, Paul Kipfer, entrei na cabine e fechamos o poço atrás de nós. O vento aumentou. Para segurar o balão, eles anexaram, sem o meu conhecimento, uma corda suplementar ao aro. Às 3-5 da tarde. Kipfer, olhando para fora de uma poltrona, me disse:

"Uma chaminé de fábrica está passando por baixo de nós!"

Eles deixaram o balão ir e se esqueceu de nos dar o sinal de partida que havia sido acordado!

Subimos muito rapidamente. Alguns momentos depois, percebi que o isolador de uma sirene elétrica atravessando a parede da cabine estava quebrado no momento em que caiu: o ar - nosso ar precioso - estava correndo, assobiando pelo buraco. Felizmente, eu tinha preparado uma mistura de reboque e vaselina, esperando que esta pasta fosse útil em caso de vazamento. Eu cercava o isolador com fita isolante e com esta pasta. O trabalho não foi fácil.

Logo Kipfer, que estava observando os manômetros, me disse:

"Estamos a 2^{1/2} milhas e ainda há uma pressão igual dentro e fora da cabana!"

Bem, por que eu construí esta bela cabine de alumínio? Uma vez que escorre como uma cesta, um simples carro de vime teria sido tão útil! A situação era crítica. Eu disse ao meu companheiro:

'Se não nos tornarmos estanques imediatamente, devemos puxar a válvula e terra, se não quisermos sufocar. Nós ainda não sabíamos que o A corda da válvula foi bloqueada. . . .

Ambos confiantes neste último recurso, continuei com meu trabalho. Mas o buraco era grande! Pouco a pouco, no entanto, o assovio ficou mais fraco, então ficou em silêncio. Nunca gostei muito do silêncio. A pressão já em nossa pequena casa tinha diminuído para menos de dois terços do normal. Felizmente, tivemos uma reserva de oxigênio líquido. Eu derramei algo no chão em pequenas quantidades¹ e o oxigênio que rapidamente evaporando aumentou a pressão.

¹ Se derrama muito oxigênio de cada vez, o aumento repentino da pressão afeta a orelha.

Nós ainda subimos. O céu ficou mais escuro.

Vinte e quatro e quatro! Vinte e oito minutos atrás, ainda estávamos em Augsburg, a 1650 pés acima do nível do mar.

'Qual altitude, Kipfer?

'51, 200 pés. '

Em menos de meia hora, subimos mais de 9 milhas. O balão, cuja forma no momento da partida era, em vez disso, de uma pedra seca do que de uma maçã, agora se infla seguindo a expansão do gás e tornou-se perfeitamente esférico. O excesso de gás escapou pelo pescoço e nosso aerostato atingiu sua primeira posição de equilíbrio. Por fim, estamos aqui na estratosfera!

Ao nosso redor, o céu. A beleza deste céu é a coisa mais pungente que vimos: é sombrio, azul escuro ou violeta, quase preto. Se o ar fosse perfeitamente transparente, devemos ver a Terra em um raio de 280 milhas, e nosso campo visual cobriria 246 mil milhas quadradas do planeta (mais do que a superfície de toda a França). Mas, sob a estratosfera, há a troposfera, cujo limite superior naquele dia era de cerca de 71/2 milhas: é muito menos transparente. No horizonte, percebemos os limites das duas zonas, como se estivessem desenhadas com uma régua. Se alguém olha obliquamente através da troposfera, a terra, tão distante, é invisível: não há nada a ser visto senão

neblina. Mas quanto mais o olhar é dirigido para baixo, mais visível é a Terra. Abaixo de nós é a planície da Baviera. Mas, mesmo que olhemos verticalmente para baixo, a imagem é borrada como em uma fotografia ruim. Há, de fato, entre nós e a Terra nove décimos da atmosfera, quase como se, no nível do mar, estivéssemos olhando a lua. Sozinho, as montanhas emergem das regiões mais nebulosas da troposfera. Primeiro escondido pelas nuvens, eles revelam-se pouco a pouco: uma cimeira, depois outra: finalmente, todas as cadeias nevadas dos Alpes bávaros e do Tirol, que nos aproximamos gradualmente.

Apesar do esplendor do espetáculo, tomamos precauções. Nós jogamos mais de cem quilos de lastro, o que nos fez subir algumas centenas de metros.

Nós logo fizemos uma descoberta muito desagradável: a corda que controlava a válvula não estava funcionando. Estava emaranhada com a corda suplementar que foi afixada no momento da partida. Agora, se não pudéssemos abrir a válvula, não poderíamos deixar o gás escapar, para começar a descida. Em vez de nos obedecer, o balão só desciria quando as condições externas o permitissem, ou seja, quando ficou mais frio ao pôr-do-sol. Onde devemos ser então? Sobre a terra? Ou acima do Adriático?

À medida que descia, o balão ficaria mais longo: a corda que operava a válvula parada seria, portanto, esticada, e abriria a válvula, acelerando nossa descida mais do que desejávamos.

No entanto, para realizar o nosso programa e alcançar essa altitude onde a pressão é apenas um décimo de uma atmosfera, jogamos mais lastro e logo vimos uma diferença no nosso barômetro entre os dois meniscos de 2-992 pol. Exatamente. Estando acostumado a ver no laboratório, em nossos barômetros, colunas de mercúrio de 29-92 polegadas, tivemos uma sensação curiosa quando lemos uma altura barométrica reduzida a um décimo do que chamamos de valor normal.

Nós deveríamos ter ficado perfeitamente felizes se não estivesse por este incidente da válvula. O futuro era incerto. O que devemos fazer? Nós decidimos não jogar mais balastos, em parte para encurtar a nossa viagem e, em parte, também, para poder dispor do que restava no momento do pouso. Então decidimos arrumar os instrumentos. Se o balão, ao mesmo tempo em que tirou o comprimento, abriu a válvula e ocasionou um pouso muito súbito, devemos tomar precauções contra feridos por objetos soltos.

Tentamos mais uma vez abrir a válvula girando o guincho do molinete em torno do qual o cabo estava enrolado, por meio de uma manivela colocada dentro da cabine. Mas o cabo quebrou limpo, o que definitivamente colocou ao final qualquer esperança de controlar o balão. Lá estávamos, prisioneiros da estratosfera. Felizmente, tivemos à nossa disposição uma boa reserva de oxigênio e de álcalis, que é usado para absorver o dióxido de carbono produzido pela nossa respiração. Apesar nosso programa providenciou um pouso ao meio dia, eu tinha uma reserva que deveria ter nos deixado ficar calados na nossa cabana até o pôr-do-sol. Forneceram, pelo menos, que pudéssemos manter a cabine cheia de ar. Tendo sentido muitas vezes, em nossos ouvidos, uma súbita diminuição da pressão, percebemos que uma vez mais perdemos ar através do buraco perto do isolador; A vaselina já havia atravessado o reboque. Então a luta pela vida começou de novo. Quanto maior a viagem, maior era o perigo de chegar ao Adriático. Nós tínhamos um indicador de deriva que pendia 50 metros abaixo do carro. Enquanto a terra fosse visível, isso nos permitiu determinar nossa velocidade e a direção de nossa deriva. A direção era, de fato, em direção ao Adriático. Nossa velocidade foi, felizmente, muito baixa: se não aumentasse, éramos certos de não deixar terra firme durante o dia. Na estratosfera, o vento muitas vezes é muito violento. Em certos dias, nos teria levado até o Golfo Pérsico. Se eu conhecesse as montanhas que nos rodeavam, eu poderia encontrar nossa posição. Mas a visão foi muitas vezes

obstruída pelas nuvens para nos permitir seguir nosso curso em um mapa. Isso não nos ajudaria muito de qualquer maneira. Não podíamos fazer nada sobre isso e tudo o que podíamos fazer era aguardar a mudança de eventos.

Como um último golpe de má sorte, um dos grandes barômetros de mercúrio quebrou como resultado de um movimento estranho. O metal líquido fluiu para o fundo da cabine. Agora, em certos casos, o alumínio pode comer rapidamente o alumínio. Felizmente, uma boa camada de tinta protegeu a cabine. No entanto, a presença de mercúrio não era reconfortante. Se ao menos tivéssemos uma pequena bomba com a qual pudéssemos ter sugado! Tivemos conosco um tubo de borracha. Se ao menos, pensávamos, tivemos uma aspiradora! Na verdade, nunca teve um físico à sua disposição mais vácuo do que tínhamos! Toda a estratosfera estava à nossa disposição. Conectamos o nosso tubo com uma torneira que levava para fora e colocamos a outra extremidade no chão da cabine. O mercúrio foi sugado e jogado fora, bem como a água condensada que havia acumulado no fundo da esfera. Mas não chegamos ao fim de nossas dificuldades.

Tínhamos partido antes do nascer do sol e tínhamos atravessado a alta velocidade aquelas zonas onde a temperatura estava entre 50° e 75° C abaixo de zero. As paredes da cabine eram então muito frias e seu interior era coberto rapidamente por uma boa camada de geada. Era como se estivéssemos em uma gota de cristal. Se a situação tivesse durado, devemos ter sofrido seriamente com o frio. Mas logo o sol se elevou, o sol estratosférico. Seu brilho é duas vezes mais intenso do que o nível do mar. O alumínio ficou aquecido e a geada caiu. Começou a nevar em nossa cabine. Pouco a pouco, a temperatura aumentou. 70° F. foi muito agradável. 85° foi suportável. Mas o 100° foi demais! Nós nos sentamos o mais baixo possível na esfera, como lá, é mais legal, mas ainda temos muita sede. Eu pedi que fossem colocadas duas grandes garrafas de água na nossa cabine: encontramos apenas uma pequena. Abaixo do piso com o qual o fundo arredondado de nossa cabana estava coberto, a água condensada havia coletado: haveria bastante disso, mas poeira, óleo e mercúrio tornaram-se em uma emulsão imensurável. Felizmente, Kipfer descobriu uma fonte: água fresca, limpa e destilada, fluía ao longo da parede, no lado sombrio: não havia muito disso, mas bastava molhar nossas línguas de vez em quando. Achei algo ainda melhor: quando despejamos oxigênio líquido em um cálice de alumínio e esperamos o oxigênio para evaporar, uma camada grossa de geada foi formada no exterior. Mas foi tão frio que foi queimado ao toque, pois foi formado a -350° F.: tivemos que esperar um pouco até que sua temperatura fosse a de derreter o gelo.

12h30, o sol no seu ponto mais alto. Por fim, toda a cabana entrou na sombra do balão; e a temperatura afundou. Um lado da cabine estava pintado de preto, o outro ficando brilhante. Eu pretendia, fazendo o balão girar, para regular a temperatura, pois o preto absorve mais calor do que um metal brilhante: mas o motor destinado a provocar essa rotação foi danificado no momento da partida: toda a manhã foi o lado negro que havia sido exposto ao sol. Durante a tarde, o balão virou-se e assim não precisamos mais sofrer o calor.

Às duas horas da tarde, começamos a descer muito ligeiramente. Mas um cálculo rápido nos mostrou que, a essa taxa, devemos levar quinze dias para descer! Por precaução, diminuimos a saída do nosso aparelho de oxigênio e mantivemos o máximo possível para não transformar uma quantidade tão grande desse precioso gás em dióxido de carbono.

15:00. A velocidade da descida é mais marcada. No entanto, ainda demoraria vinte e quatro horas a essa taxa para pousar. Mesmo assim, a descida está ficando mais rápida: essa é a coisa essencial.

4 da tarde. 5 p.m. 6 p.m. As horas estão passando. Estamos atravessando os Alpes da Baviera. O sol está se pondo. O balão, agora mais frio, desce cada vez mais rápido. 8 p.m. Altitude 7¹/₂ milhas. Finalmente, deixamos a estratosfera. Pelo nevoeiro que de repente cobriu o horizonte distante, vimos que nós estavam passando para a troposfera. Abaixo de nós, o crepúsculo fluiu pelo vale do River Inn. No chão, descobrimos mais tarde, as pessoas viram uma visão incomum. O balão, ainda nos raios do sol, apareceu para as pessoas terrestres brilhantemente iluminadas contra o céu escuro. Até hoje, apenas os planetas e a lua foram vistos iluminados dessa maneira. Então eles nos levaram para outro corpo celestial. Para os observadores mais próximos, a parte iluminada do balão apareceu na forma de um crescente. Uma lua pequena nasceu? Nada estava faltando, ele mesmo tinha um halo. Isto foi produzido pela luz refletida pelo balão e difundida nas neblinas da troposfera já obscurecida. (No dia 8 de agosto de 1932 ocorreu o inverso: nossos amigos que nos seguiam em um carro estavam acelerando na direção de Venus, que eles levaram para o nosso balão.)

O sol desapareceu sob o horizonte. Descimos cada vez mais rapidamente. Agora, é sabido que, se mais balastos forem jogados ao mar do que o necessário para estabilizar um balão descendente, e a válvula não está aberta, o balão geralmente escalará novamente a sua posição anterior de equilíbrio. Tivemos que ter muito cuidado, então, ao jogar o lastro, para não voltar em um salto para 10 milhas. Foi desafortunado se o desembarque provasse um pouco difícil.

Por meio da torneira que se comunicava ao ar livre, diminuimos lentamente a pressão na cabine, de modo que pudéssemos abrir nossos poços de registro o mais rápido possível. Kipfer assistiu os barômetros. A 15.000 pés, ele anunciou pressões iguais dentro e fora. Abrimos os poços imediatamente e colocamos nossas cabeças. Depois de ter encerrado dezessete horas, finalmente fomos ao ar livre. Acima de nós, o céu estrelado. Abaixo, as altas montanhas, a neve e as rochas. O luar era magnífico. Duas pequenas nuvens foram iluminadas de segundo a segundo por descargas tempestuosas: mas não vimos nenhum raio nem ouvimos nenhum trovão. Para estar pronto para qualquer coisa, preparamos nossos pára-quedas, mas o balão, muito felizmente, deixou a zona tempestuosa.

Um olhar para o horizonte: ainda formou uma linha reta. Mas logo surgiram sombrias silhuetas: montanhas. Já estávamos mais baixos do que os picos mais altos. As coisas aconteceriam rapidamente. Estávamos nas altas montanhas perto de um passe coberto de gelo. No lado sul, pareceu levar rapidamente para a planície, mas nós estávamos a caminho do norte. Por causa do perigo de subir de novo a 10 milhas com os buracos abertos, não nos atrevemos a soltar qualquer lastro e foram obrigados a manobrar apenas por meio do painel de rasgamento. Nós tocamos um campo muito íngreme de neve. Na minha mão, segurei a alça que me permitiu abrir o painel e esvaziar o balão quase que instantaneamente. Mas eu tomei o cuidado de não fazê-lo: o site não era adequado para um pouso. O balão saltou e voou sobre uma geleira. Era um labirinto de fendas. Um momento eu pude ver as luzes de uma aldeia, e eu mostrei um sinal com uma tocha. (No dia seguinte, descobrimos que este sinal foi visto perfeitamente de Gurgl.) Mas a aldeia desapareceu no vale. Por fim, nos aproximamos de um lugar plano, livre de fendas. Agora foi o momento! Kipfer puxou a alça do painel de rasgamento; o balão rapidamente esvaziado; tocamos o gelo, a cabine rodou um pouco, depois veio descansar.

Meu buraco estava no topo, então eu tinha uma visão irrestrita. O envelope estava flutuando acima de nós. O vento era tão leve que, a cada momento, ameaçava cair na cabine: depois inclinou-se e deitou-se na geleira: o painel rasgado aberto estava embaixo, esvaziou-se muito lentamente. Um olhar para a cabine escura mostrou-me um

monte de objetos estranhos: 400 lb de instrumentos, 750 sacos de tiro pequeno, todos espalhados por cima. E embaixo, Kipfer, que estava lentamente se dirigindo para o topo.

Tínhamos pousado a uma altitude de cerca de 8700 pés. Suíça? Áustria? Itália? Nós nos ajudamos onde estávamos. O lugar teria sido fairyland se não tivesse sido tão frio! Envolvido no material do balão, eu fui dormir, mas eu comecei a dormir de vez em quando, acordada pelo ruído de uma cachoeira que, em meu sonho, confundi com o assobio de nosso vazamento de ar! Ao amanhecer, dos aeropautistas nos tornamos alpinistas: ligados por uma corda dupla, soando a neve a cada passo com um bastão de bambu encontrado no equipamento do balão, chegamos ao limite da geleira e procuramos passagens pelas rochas, nós desceu lentamente para o vale. Ao meio dia, uma patrulha de esquiadores veio de Gurgl para nosso resgate, chegou até nós e nos conduziu até a aldeia. É com gratidão que penso na ajuda valiosa dada a nós tanto pelos montanhistas quanto pelas autoridades no Tirol. Quarenta homens, vinte soldados e vinte camponeses carregaram o envelope do FNRS sobre os ombros da geleira de Gurgl para a aldeia, sem um caminho ou nas piores trilhas e tudo isso sem uma lágrima no material delicado.

Alguns dias depois, em Zurique, onde o Swiss Aero-Club nos recebeu em triunfo, seu presidente. O Coronel Messner, nos felicitou e expressou a esperança de que o registro de altitude mundial que tivemos apenas a configuração não seria espancada por muitos anos. Na minha resposta eu tive que contradizê-lo.

"Será um bom dia para mim", eu disse, "quando outros balões estratosféricos me seguem e alcancem altitudes maiores que as minhas. Meu objetivo não é superar e, acima de tudo, não manter registros, mas abrir um novo domínio para a pesquisa científica e para a navegação aérea".

Nos meses que se seguiram, embora alcancemos a altitude a que nos dirigimos, nossa empresa se chamava de imprudente, em parte porque a corda da válvula ficou atolada: se somos seguros e sadios, parece que é um milagre. Meu balão esférico teve uma pressão ruim: eu não tinha nenhum emulador, pelo menos no início. Enquanto isso, eu me ocupava com o trabalho sobre os raios cósmicos. Depois de um tempo, eu queria fazer uma nova subida. Desta vez, foram meus amigos do Aero-Club de Zurique e, mais especialmente, o Dr. E. Tilgenkamp, o Coronel Garber e o Dr. Bonomo, que se responsabilizaram por organizá-lo.

Nos primeiros meses de agosto, as previsões meteorológicas pareciam favoráveis, decidimos colocar no dia seguinte: o balão deveria ser inflado durante a noite. À tarde, em clima radiante, o envelope chegou e foi espalhado. Um pouco depois, M. Jaumotte, diretor do Instituto Meteorológico Belga, me chamou de Bruxelas. Ele tinha ouvido dizer que estávamos planejando pegar o ar, mas ele me avisou que as tempestades eram esperadas na Europa central durante a noite. Zurique confirmou esta previsão, então não hesitei. Embora a tripulação já estivesse mobilizada e tudo pronto para o negócio de preencher o balão, cancelamos a partida.

Ainda me lembro do que os repórteres pensavam: porque o céu não era nublado? Felizmente, fiquei preso à minha decisão. E sorri quando depois uma tempestade violenta explodiu sobre Zurique e Dubendorf. Naquela noite, tenho certeza, a meteorologia ganhou prestígio aos olhos da imprensa internacional.

No dia 17 de agosto, finalmente, a previsão era boa. No tempo esplêndido, na noite, sem um sopro de vento, o FNRS foi inflado: no dia 8, antes do nascer do sol, tudo foi cortado e, às cinco e cinco e cinco da manhã, "Deixe-se ir! - soou. O que posso dizer sobre a ascensão? Tudo decorou sem problemas de acordo com o nosso plano, como um experimento de laboratório preparado com cuidado minucioso. Descobrimos que a radiação gama específica, que de acordo com uma certa hipótese deveria ter se

manifestado acima de forma intensa, não existia. Desfrutando uma visibilidade perfeita, nós vagamos lentamente acima do Lago de Wallenstadt, os Grisons, depois o Lago di Garda, na direção de Desenzano, onde chegamos às 5 p.m.

Cada pouso em um balão livre tem suas surpresas. É um dos encantos do esporte. No momento em que a corda guia estava prestes a tocar a terra, coloquei meu melhor italiano para acenar uma multidão que reuniu:

'Prego, tenere la cordaf (Pegue a corda).

E a resposta, em alemão-suíço:

'Jo, Herr Professor, mir häbets dä scho'. (Sim, Professor, nós temos.)

Foi meu compatriota Zweifel, engenheira da Glaris. Com sua ajuda, fizemos um pouso perfeito.

Os topógrafos geodésicos do serviço topográfico suíço, usando o teodolito, calcularam que a maior altura atingiu 55,800 pés com margem de erro "provável" de cerca de dez pés. Calculado no barógrafo, de acordo com as regras estabelecidas pela Fédération aéronautique internationale pour Vhomologation du record mondial (Federação Aeronáutica Internacional para Verificação de Recordes Mundiais), não era mais que 53.400 pés: a diferença - 2400 pés - é explicada por o fato de que o regulamento leva em conta apenas as pressões médias em alturas indicadas, enquanto as pressões reais variam de dia para dia devido a condições meteorológicas. Assim, superamos o nosso recorde anterior, o de 27 de maio de 1931: o Coronel Messner ficou satisfeito: ficou com a Suíça. Quanto a mim, eu também estava satisfeito: desta vez conseguimos levar o nosso programa científico a uma conclusão satisfatória.

Essa ascensão do dia 18 de agosto de 1932 quebrou o gelo: a cabine hermética adquiriu direitos civis cheios em balonismo e aviação. O trabalho foi iniciado em vários balões estratosféricos: três nos Estados Unidos, dois na Rússia, um na Polônia, todos maiores do que os meus. Não por um segundo, lamento que o Century of Progress tenha levado o recorde mundial para os Estados Unidos. Não mais do que lamento que a Marinha francesa, quebrando meu recorde de 3150 metros, mergulhei a 13.287 pés (4050 metros), de Dakar, com o FNRS 3, um banho de caça na construção da qual participei. O que aconteceu com o FNRS depois disso? Dois anos depois, até o dia 17 de agosto de 1934, tendo a bordo do Sr. Cosyns, piloto, e M. van der Elst como assistente, voltou a se aproximar da estratosfera, estabelecendo a conexão entre as Ardenas e as montanhas de Jugo-Slavia. Para outras ascensões faltava dinheiro. Quando, por causa da idade, o envelope de borracha começou a se dividir e o balão era inutilizável como um aerostático de gás, Cosyns e eu tentamos fazer um Montgolfier (balão de ar quente). A tentativa não foi desprovida de interesse: movendo-se com o ar, o balão esférico teria escapado da ação refrescante do vento, e o calor do sol o teria aquecido suficientemente para mantê-lo em equilíbrio sem aquecimento auxiliar. No entanto, o pescoço era pequeno demais para um balão de ar quente: dirigido de volta por um vento súbito antes da decolagem, o envelope disparou e foi destruído em poucos segundos pelas chamas. O advento dos instrumentos eletrônicos pode ter soado o knell da era do balão estratosférico: na verdade, equipados com instrumentos automáticos, os balões de hoje nos permitem fazer observações meteorológicas e físicas em melhores condições e com menor custo. Mas o aerostat ainda tem uma tarefa a cumprir: o de observar o espectro de luz solar refletido pelos planetas. Se pudermos alcançar isso, conheceremos a composição da atmosfera que envolve esses corpos celestes. Devemos saber, então, se houver oxigênio na atmosfera do planeta Marte, daí se, desse ponto de vista, a vida é possível lá. Para isso, um espectrógrafo deve ser dirigido a Marte; mas nenhum dispositivo mecânico ainda nos permite dirigir um telescópio automaticamente sobre um corpo celestial: a presença de um observador é indispensável. De modo que o

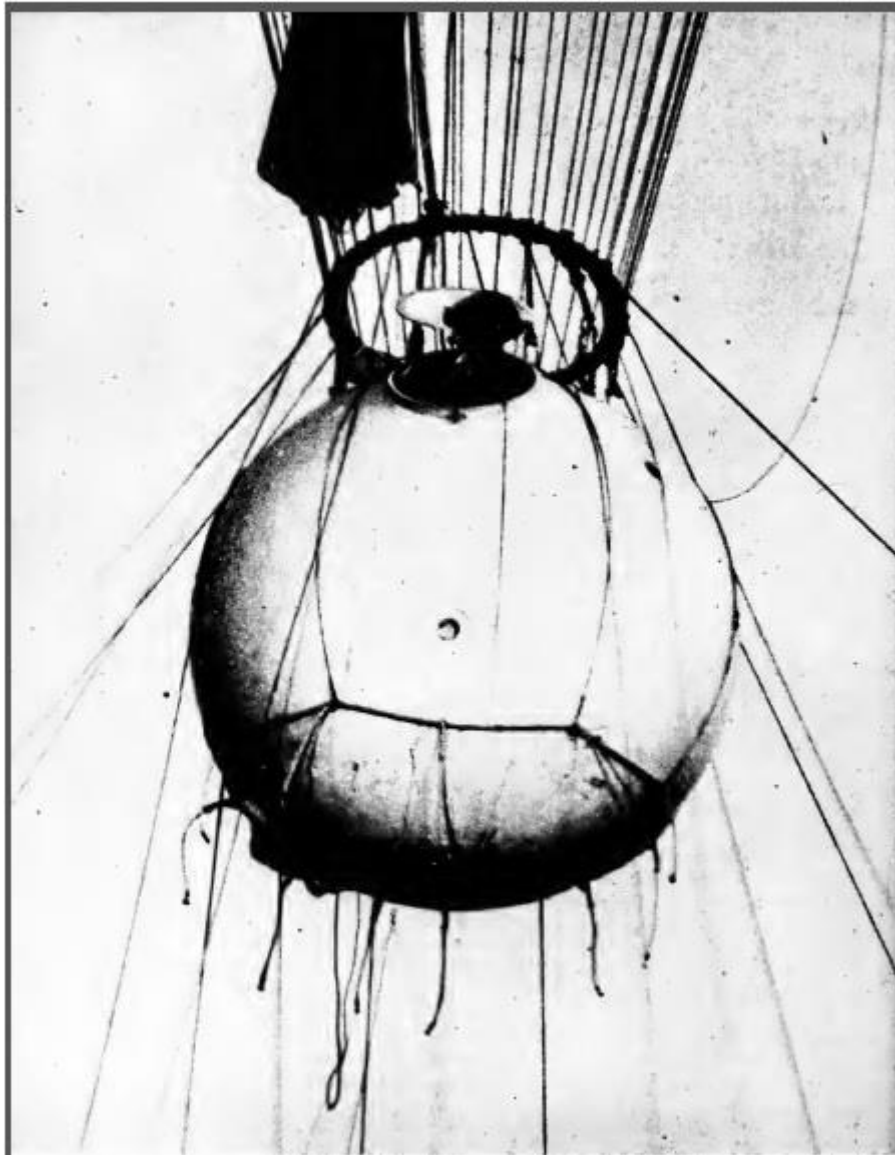
oxigênio terrestre não pode falsificar observações, o astrofísico não deve ter acima dele mais de um centésimo da camada atmosférica terrestre: ou, em outras palavras, ele deve subir para mais de $18\frac{1}{2}$ "milhas. A essa altura, a força de elevação de um O cubo métrico de hidrogênio (33-9 pés quadrados) é reduzido para 10 gramas ($\frac{3}{7}$ onça): o balão deveria ser, de uma vez, extra-leve e de grande volume. O Pléiade do meu irmão, com os cem balões de borracha que suportam a cabine, pareceria de particular interesse: durante um julgamento preliminar alcançou a altitude apontada para 9900 pés.

No entanto, para alcançar mais de $18\frac{1}{2}$ milhas de altitude, seria necessário aumentar o volume e o número de balões da Pléiade e, naturalmente, fazer uso de uma cabine hermética. O custo de tal experiência aumentaria em proporção: no momento não pode ser tentado, falta dinheiro: é uma pena. Meu amigo Audouin Dollfus, astrônomo e aeronauta, estão fazendo esforços neste momento para esse fim. Espero que ele os leve a uma conclusão satisfatória.

Depois de terem viajado através da estratosfera, vamos agora penetrar nas profundezas oceânicas.



Placa I O FNRS decola para a sua subida para as rotas, 18 de agosto de 1932



Placa II A cabine do FNRS, com o Professor Piccard no poço de visita.
O pára-quedas de emergência pode ser visto de cima para a esquerda.

2: Homem abaixo das águas

NO PERFIL

Desde o início dos tempos, o homem tem se interessado pelo mar. Ele foi pescar para encontrar o complemento da comida com a qual A terra o forneceu. Ele correu ao longo das costas rochosas em duches frágeis e chegou às ilhas vizinhas.

Mais tarde, ele começou a mergulhar sob as ondas procurando esponjas, corais e pérolas, usando uma técnica que mal mudou há milhares de anos. Como o homem pode viver apenas breves momentos na reserva de ar em seu corpo, o mergulhador faria um mergulho mais rápido carregando com ele uma pedra pesada; então, segurando uma

corda, ele próprio teria levado o mais rápido possível pelos homens que permaneceram no barco. Se ele segurava uma cana em sua boca, cuja outra extremidade surgiu acima do nível da água, ele poderia, naturalmente, respirar sob a água e prolongar seu mergulho quase sem fim: mas abaixo de um ou dois jardas, esse método não pode ser usado, pois a pressão da água restringe o peito, muito logo impedindo todo o movimento dos músculos respiratórios.

Diz-se a Alexandre o Grande que ele mesmo caiu em um barril de cristal e desceu na água por uma corda segurada por seus assistentes a bordo de um barco. O que ele disse ter visto é mais do que maravilhoso: em particular, um monstro tão longo que, viajando diante dos olhos de Alexandre sob o comando de um anjo, demorou três dias e três noites para passar. Temos gravuras mais eloquentes que datam da Idade Média, mostrando ao rei em seu barril e no barco na superfície, com os barqueiros.

Obviamente, aqui temos apenas uma lenda, que surgiu sem dúvida, bastante tarde na Idade Média. No entanto, é interessante, pois o princípio do dispositivo usado é o da bathysphere de Beebe e Barton.

Mas voltemos à realidade. Quando a técnica moderna permitiu a construção de bombas, de vasos de ar e água e de tubos flexíveis, foi possível trabalhar o traje de mergulho com capacete (muito conhecido por precisar de descrição aqui), do qual o princípio é derivado do sino de mergulho.

Então, mais recentemente, foi possível fazer sem o tubo de fornecimento de ar, o que tem muitas características inconvenientes e até perigos sérios. Assim, o mergulhador tornou-se livre, autônomo: ele carrega com ele uma reserva de ar comprimido que lhe permite, de acordo com o fornecimento que ele tem à sua disposição, respirar durante quinze, trinta e até quarenta e cinco minutos.¹

Ao mesmo tempo, os impedimentos do "traje de mergulho" e do pesado "capacete" foram dispensados. Assim, em vez de andar com dificuldade no fundo do mar, o mergulhador moderno se move livremente em três dimensões. Sua velocidade aumentou com as nadadeiras de borracha colocadas nos pés: graças a esta invenção de Corlieu, o mergulhador tornou-se um "sapo". Este esporte, que surgiu antes da guerra na França, está se espalhando por "todo o mundo". Conhecemos o papel desempenhado pelos mergulhadores de sapos no momento em que os aliados pousaram na Normandia. Os leitores interessados na história do mergulho encontrarão uma quantidade de detalhes pouco conhecidos no livro de Pierre de Latil e Jean Rivoire, *A la recherche du monde marin*, Plon (Paris), 1954. Os autores, com extraordinária paciência, examinaram tudo o que se encontra em documentos antigos sobre o tema da exploração marinha.

Que profundidades o homem pode alcançar com esses vários métodos? Se ele usa o clássico traje de mergulho ou o equipamento do sapo, o mergulhador ainda estará sujeito à pressão da água, que adiciona 14-2 lb. por metro quadrado para a pressão atmosférica cada vez que ele cai outro 33 pés. Esta pressão entra no tórax e no corpo inteiro. Contrariamente ao que se costuma acreditar, não são os efeitos mecânicos desta pressão que limitam as profundidades acessíveis ao homem. Os acidentes graves ou mortais que

¹ Por exemplo, o dispositivo Cousteau-Gagnan.

ocorrem são devidos à reação físico-química em nossos corpos. Sob pressão pesada, o nitrogênio do ar respirado é dissolvido no sangue e até mesmo nos tecidos, provocando vários distúrbios, dos quais o mais perigoso é um sentimento de bem-estar com sono. Nesse estado, o mergulhador, perdendo a consciência pouco a pouco, pode ser levado a fazer movimentos falsos e mesmo a permanecer além do limite de segurança, quando

poucos minutos antes ele sabia perfeitamente que ele estava correndo um perigo mortal em permanecer submerso por mais tempo.

Ao subir de superfície, um novo risco é incorrido: o nitrogênio, dissolvido no sangue e nos tecidos, é afetado pelas pressões mais baixas e liberado como dióxido de carbono em uma garrafa de champanhe ou água mineral quando é aberto. Assim, os vasos sanguíneos podem ser obstruídos por bolhas de nitrogênio: isso leva a "embolia gasosa" e produz paralisia ou morte, tanto durante a subida, como até uma poucas horas depois. Estes perigos são diminuídos quer por um aumento muito lento na superfície, o mergulhador parando para descansar em diferentes níveis: ou mergulhando apenas por períodos muito curtos e depois aumentando muito rapidamente. Eles seriam eliminados completamente se fosse possível não respirar durante o mergulho. Em suma, aqui está um dilema: se o mergulhador respirar, ele está ameaçado de intoxicação por nitrogênio, mas se ele está privado de ar, ele sufoca.

Pelo que acabamos de ver, é claro que os métodos clássicos de mergulho não podem abrir as portas do abismo submarino para o homem. Os limites humanos são muito restritos. Até 20 braças, é admitido, não há perigo desde que o mergulhador subisse lentamente, e os amadores de esportes são recomendados para não ultrapassar esse limite. Os mergulhadores treinados freqüentemente baixam para 30 braças. Mas menor do que o perigo aumenta muito rapidamente. Em 45 pescarias, são de se esperar acidentes graves e raros são os casos em que um mergulhador conseguiu retornar em boas condições da profundidade de 50 braças. Para maiores profundidades, o nitrogênio foi substituído, nos Estados Unidos, por hélio, o que não produz nenhuma reação química e que é muito menos solúvel no sangue. Assim, o mergulhador não arrisca nem intoxicação nem embolia. Isso permitiu a Bollard suportar uma pressão de 100 braças de água. Mas o que são essas centenas de ondas de água em comparação com as milhas que medem a profundidade do oceano!

Uma dificuldade menor, mas, no entanto, uma que não pode ser negligenciada, é conhecida por muitos mergulhadores. Às vezes eles sentem uma dor aguda nos ouvidos. A mesma dor pode ser sentida em um balão livre ou em um avião. A explicação é conhecida: a orelha média contém ar separado do ar externo pelo tímpano. Pode haver demasiada pressão sobre esta membrana se a pressão externa aumentar (ou se ela diminuir, como é o caso quando se aumenta em um balão) e o ar dentro da orelha não consegue se adaptar a esta pressão. Felizmente, a orelha média está conectada com a cavidade bucal pela trompa de Eustaquio. Se este tubo estiver bastante aberto, o mergulho inteiro pode ocorrer sem dor. Mas se o tubo se abre muito tarde, uma dor é produzida. Ao engolir movimentos, habilmente executados, em geral o canal pode ser aberto. Se um mergulhador corajoso continua com seu trabalho sem que o tubo esteja aberto, uma perfuração do tímpano muitos resulta com conseqüências que podem ser imaginadas. A susceptibilidade da orelha difere não só de homem para homem, mas no mesmo mergulhador, de um dia para o outro. O menor frio pode causar uma obstrução da trompa de Eustaquio.

Mas, será dito, se o homem encontrar tantas dificuldades no mergulho, como os cetáceos podem permanecer embaixo da água durante meia hora e ainda mais? Como eles podem atingir profundidades de mais de uma centena de braças? Como é que eles não exibem distúrbios semelhantes aos que no homem são criados por falta de oxigênio ou excesso de nitrogênio no sangue? Deve entender-se, em primeiro lugar, que, quanto maior for um animal, menos superfície ele oferece em relação ao seu peso: se tivermos

que fazer dez pacotes de 1 lb, devemos usar, é claro, mais papel do que se tivéssemos para fazer um único pacote de 10 lb. Portanto, a área de superfície de um animal grande é relativamente menor que a de um pequeno. Outro símile deixará bem claro: 10 litros de água quente distribuídos em dez potes ficarão frios muito mais rápidos do que se estivessem todos em um único pote.

É claro que os grandes cetáceos devem produzir muito menos calor do que nós. Claro, eles vivem em água, o que leva o calor melhor do que o ar: mas esse fato é mais do que compensado por uma enorme camada de gordura, que é um isolante notável.

Esses gigantes do mar devem ter, em comparação com nós mesmos, um metabolismo muito mais lento: ao mesmo tempo, com eles, cada unidade de volume deve consumir menos oxigênio do que com nós. Assim, eles escapam mais lentamente do oxigênio armazenado nos corpúsculos vermelhos do sangue e, assim, o dióxido de carbono vai se acumular mais devagar. Isso é suficiente para explicar o tempo que eles podem permanecer sob a água.

Note-se também o caso inverso: um pequeno mamífero como uma toupeira come todos os dias o equivalente ao seu próprio peso. Quando dois golpes rivais lutam, o vencedor devora o perdedor sem demora. Uma baleia dessa voracidade é inconcebível. Agora, a quantidade de oxigênio absorvida por um animal é necessariamente proporcional à quantidade de alimento consumido. Podemos concluir que os pequenos mamíferos não podem mergulhar por muito tempo. Alguns outros detalhes relativos ao cachalot ou cachalote: mesmo que, antes de mergulhar, ele preenche os pulmões com o ar, o volume desse ar deve diminuir durante o mergulho, pois o corpo não pode resistir à pressão: a 500 braças abaixo, o volume deste ar, mesmo que não seja absorvido, é reduzido a quase nada: devemos concluir que no cachalot as brônquias e a traquéia não são rígidas.

Os cetáceos têm, além disso, a peculiaridade de se adaptarem a uma respiração muito irregular: a massa do seu sangue é relativamente grande. Quanto a explicar por que eles podem descer tão profundamente sem sentir os distúrbios que o homem sente, é muito simples: eles não reatam no fundo da água. Portanto, eles não se dissolvem, sob altas pressões, de nitrogênio em seu sangue e não são propensos aos acidentes decorrentes desse excesso de gás.

Voltemos ao homem. Não há dúvida de que, para chegar a grandes profundidades, ele deve estar completamente protegido contra a pressão externa, isto é, encerrado em um apartamento rígido. Os submarinos convencionais são construídos com base neste princípio.

Todo o casco do submarino é submetido à pressão da água e, uma vez que contém ar à pressão da atmosfera comum, a profundidade que pode atingir depende da força do casco. Se o peso do casco com tudo o que contém, em máquinas, combustível, acumuladores, armas e homens, é igual ao peso da água deslocada, o submarino está em equilíbrio, assim como Arquimedes poderia ter nos contado.

Assim, o peso que o construtor pode dar ao seu casco e também a sua espessura, a sua resistência e a profundidade que o submarino pode alcançar sem o risco de ser esmagado, é limitado. Com os nossos materiais estruturais presentes, esse limite é entre 50 e 150 braças. Ao abandonar todo o armamento e diminuir o poder do motor, Pietro Vassena conseguiu aumentar a amplitude de profundidade com o submarino de bolso C.3.

Se um casco resistir às pressões do mar profundo, ele deve se tornar mais grosso e, portanto, mais pesado do que a água deslocada. Para sustentá-lo, uma força externa deve entrar em jogo. Qual é a força a ser? Existem duas soluções imediatas; quer para suspender a cabine de um cabo ligado ao molinete de um vaso de superfície, quer para recorrer a forças hidrostáticas que agem sobre um elemento volumoso, mais leve do que

a água, ao qual o compartimento estanque está ligado.

Encontramos a primeira dessas soluções nos rígidos trajes de mergulho utilizados para a recuperação do tesouro contida em navios afundados em profundidades inacessíveis aos mergulhadores comuns: o mergulhador está encerrado em um cilindro de aço, munido de vigias e pendurado em um cabo: por meio de seu telefone, ele dirige as manobras do vaso de superfície que, com explosivos, ferramentas e grampos de ganchos, realiza o trabalho: isso, no entanto, não é praticável além de cerca de 100 braças de profundidade. Estes trajes de mergulho rígidos podem ser considerados como os precursores do bathysphere elaborado pelo professor William Beebe e pelo engenheiro Otis Barton. Quanto à segunda solução, apresento-a no bathyscaphe.

BATISFERA DE BEEBE

O batisfera de Beebe-Barton é construído de uma esfera de ferro fundido de apenas 4 metros de diâmetro interno de 6 polegadas e com uma espessura de parede de 1,26 polegadas: duas janelas em quartzo fundido servem para permitir a observação externa. É carregado por um cabo de aço e é baixado e levantado pelo molinete do navio de superfície.

Por meio deste primeiro banho, então, com um segundo do mesmo tipo, construído mais tarde por O. Barton, o mergulho profundo foi realizado com sucesso completo.

Aqui está o registro:

		Metros	Pés	Braças
1930	3 de Junho	600	1982	330 Vazio
	6 de Junho	240	792	132 com Beebe e Barton
	11 de Junho	435	1410	235 com Beebe e Barton
1932	13 de Setembro	900	2970	495 Vazio
	17 de Setembro	900	2970	495 Vazio
	17 de Setembro	900	2970	495 Vazio
	22 de Setembro	655	2148	358 Vazio
	22 de Setembro	670	2211	368 Beebe e Barton
1934	07 de Agosto	920	3036	596 Vazio
	11 de Agosto	750	2475	412 Beebe e Barton
	15 de Agosto	223	735	122 Beebe e Barton
	15 de Agosto	200	660	110 Beebe e John Tee-Van
1948	Outubro	1360	4488	748 Barton

Isso é para mostrar a grande utilidade do bathysphere, sobretudo quando se deseja atingir profundidades médias. Como todas as obras humanas, tem algumas desvantagens, no entanto, e o mais grave é certamente o perigo de que o cabo se quebre: muito abaixo da superfície, os observadores seriam condenados a uma morte lenta e terrível.

Sabemos, é claro, que é fácil dar ao cabo uma força de todos os modos suficiente para suportar a cabine. Entretanto, os problemas devem ser levados em conta. O vaso de superfície, Rolando no aumento, aumenta e cai: também sofre oscilações horizontais. As ondas laterais e até as ondas longitudinais, assim, correm pelo cabo, de onde vêm as interações que não podem ser calculadas e também o perigo de estresses localizados.

O professor Beebe foi muitas vezes abalado de uma maneira muito desagradável em sua banheira e a tripulação do navio de superfície ouviu ruídos ameaçadores que se assemelhavam a violentas fendas de chicote. Felizmente, não houve interrupção no cabo

As expedições oceanográficas que redes inferiores a grandes profundidades sempre trazem uma ampla reserva desses aparelhos. É bem sabido, de fato, que correm grandes riscos de perdê-los pela quebra dos cabos. Tudo isso demonstra claramente, creio eu, que o batisfera, ou seja, a esfera suspensa por um cabo, é um dispositivo muito perigoso, se desejarmos prosseguir a nossa exploração dos oceanos até as grandes profundidades. Quanto maiores forem os cabos, maior será o seu peso. É claro que é possível usar cabos cuja resistência ao estresse aumenta com o aumento do peso que devem suportar, mas isso não é suficiente para eliminar todo risco de quebra. Sem dúvida, a segurança dos banhos de banho pode ser aumentada usando cordas de nylon. Nylon teria a vantagem de ter praticamente nenhum peso na água: além disso, sua elasticidade considerável absorveria os efeitos dos choques. Mas temos certeza de que nenhum desmancha-prazeres entraria em sua cabeça para afiar os dentes sobre isso.? Além do perigo da ruptura do cabo, a batisfera tem outra desvantagem. O vaso de superfície sendo sempre mais ou menos abalado pelas ondas, a esfera nunca pode estar completamente imóvel na água. Este movimento é desagradável para certos peixes que preferem se afastar e assim escapar de todas as observações. Finalmente, notemos que, de acordo com os relatos do professor Beebe, sua bathysphere nunca se aproximou do fundo do mar: ele evidentemente considera que o contato com o fundo do mar é perigoso para uma cabine que compartilha o movimento de um navio de superfície. Não é para ser esquecido, no entanto, que o imenso crédito é devido ao professor Beebe por ter construído, com o engenheiro Barton, a primeira cabine submarina capaz de resistir a altas pressões. Não é exagero dizer que é ele quem abriu as portas do abismo para o homem.

BATISFERA E BATISCAFO

Resumidamente, o batisfera mostra muitas analogias com o balão cativo. Como o último, o batisfera é prejudicado se ele se move em relação ao meio circundante. Em ambos os casos, existe o perigo de quebrar o cabo, com a diferença, no entanto, de que o aeronauta, balançado em seu carro pela tempestade, não pode deixar de desejar: "Se apenas essa corda se quebrasse, que boa viagem em um balão grátis nós deveríamos ter." Muito pelo contrário, o oceanógrafo, cala a boca em sua cabine apertada, é assombrado pela terrível idéia de que o cabo pode quebrar.

Mas podemos fazer sem o cabo? Agora chegamos à idéia de um aparelho que seria para o batisfera o que o balão livre é para o balão cativo. Não mais ligado, seria verdadeiramente independente.

O balão livre de submarinos teria as vantagens na água que os balões livres têm no ar: no início, ele iria descer, à medida que o balão subir, assim que for solto: então, seria capaz de subir novamente conforme desejado Assim como o balão pode descer sempre que desejado. Isso é o que foi chegado com o batisfera, ou navio de mar profundo .¹

A idéia de tal navio não é novidade para mim.

Eu era um estudante de primeiro ano na Escola Politécnica de Zurique quando, por acaso, li o livro fino de Carl Chun relatando a expedição oceanográfica da Valdivia. As redes descartaram consideravelmente mais de mil vezes trazidas de volta a fauna submarina para o convés do navio. Trabalhavam dia e noite. Quando uma rede foi criada em completa escuridão, os oceanógrafos, inclinados sobre os trilhos, foram atingidos pela multidão de animais fosforescentes que a rede continha em sua seine. Certos peixes estavam dotados de verdadeiros faróis. Mas muito rapidamente essas

luzes ficaram pálidas e saíram. O peixe não suportaria mais a baixa pressão e a alta temperatura da água superficial do que poderíamos suportar o enorme peso das massas de água sob a qual viviam.

Para observar esses peixes em seu ambiente natural, há apenas um meio, descer a parte mais profunda do oceano. Deve ser possível, eu disse para mim, construir uma cabine estanque, resistir à pressão submarina e decorados com janelas, para permitir que um observador admire um novo mundo. Esta cabana seria mais pesada do que a água deslocada. Seria necessário, em completa analogia com o balão livre, suspendê-lo de um vaso grande cheio com uma substância mais leve que a água.

O princípio fundamental do batiscafo nasceu.

A idéia nunca me ocorreu usar um cabo de suspensão para minha cabine. Mesmo neste momento, o cabo não me pareceu seguro o suficiente. No entanto, naquela época eu deveria ter sido naturalmente incapaz de resolver todos os problemas evocados pela construção de tal dispositivo.

O aluno tornou-se um engenheiro, então também um físico. A idéia de exploração de submarinos em um balão grátis nunca o deixou, embora por uma há muito tempo, ele não pôde pensar seriamente sobre a possibilidade de percebendo seu sonho juvenil.

Já expliquei como os raios cósmicos haviam me dado o desejo de subir a lo miles. Mas um

¹O nome é composto por duas palavras gregas: bathos, deep e scaphos, navio.

Há muito tempo, ele não pôde pensar seriamente sobre a possibilidade de percebendo seu sonho juvenil.

Já expliquei como os raios cósmicos haviam me dado o desejo de subir a 10 milhas. Mas um homem não pode suportar as baixas pressões que prevalecem a tal altitude, mesmo que ele respire oxigênio puro. "Não importa", disse-me, "minha cabine submarina, destinada a resistir a pressões externas de várias centenas de atmosferas, me dará a solução. Basta construir uma cabine muito mais leve e suspendê-la de um balão gigante capaz de transportá-la na atmosfera rarefeita da altitude em questão.

A evolução do meu pensamento é clara. Longe de ter abordado a idéia de um dispositivo submarino transformando a idéia do balão estratosférico, como todos pensam, foi, pelo contrário, minha concepção original de um batiscafo que me deu o método de explorar as altas altitudes. Em suma, era um submarino que me levou à estratosfera.

Logo depois, eu retransformei em mente o balão estratosférico em um balão de submarino e eu fui e mais uma vez bateu na porta do Belgian Nation National. Pedi os créditos necessários para que o batiscafo fosse criado. O meu pedido foi aceito e fui alocado pelos fundos necessários para equipar um laboratório especializado no estudo de altas pressões. A questão da força e estanquidade do futuro dispositivo eram tão importantes que me obrigou, de fato, a realizar inúmeras tentativas preliminares com diferentes modelos. Eu tinha, em particular, sujeito a uma escala modelo da cabine, em tanques especiais, a pressões atingindo até 1 600 atmosferas: o peso de uma coluna de água de 10 milhas.

Como meu batiscafo, destinado à exploração do mar, tinha que ter vigias, sua construção devia ser estudada com cuidado. Eu também tive que encontrar métodos seguros de passar numerosos fios elétricos e de cabo através das paredes sem permitir que a água entre. A questão do descarte de lastro também teve que ser estudada.

Em todos esses trabalhos, fui apoiado pelo meu valioso assistente, Jean Guillissen. Os

ensaios mais importantes foram feitos, a construção do batiscafo em si havia começado, quando a Segunda Guerra Mundial estourou. Nele perdi meu jovem amigo, uma vítima de seu patriotismo.

No final de 1945, mais uma vez fui ao Fonds National? Ind pedi os créditos necessários para retomar o trabalho novamente. O Fonds National me deu os créditos, mas com a estipulação de que Max Cosyns, a quem eu tinha escolhido como meu assistente, e quem é cidadão belga (embora eu seja de nacionalidade suíça), deveria compartilhar a supervisão da empresa comigo, com total igualdade de direitos e responsabilidade. Tal divisão de comando era, sem dúvida, necessária do ponto de vista político, mas a fórmula dificilmente se mostrou afortunada na prática. Uma conquista desta importância requer alguém em comando absoluto: como esse chefe não pode realizar pessoalmente toda a tarefa, ele deve estar cercado por assistentes sobre os quais ele tem autoridade. Nos capítulos seguintes, vamos discutir, para começar, algumas questões de natureza geral relacionadas a todos os batismos; então vamos começar com uma descrição detalhada da construção do FNRS 2.

3: O Principio do Batiscafo

LEVANTAMENTO ESTÁTICO

Para entender como o batiscafo funciona, é suficiente para compará-lo com um balão livre.

Apesar da diferença de arredores em que se deslocam e dos fins bastante opostos em vista, o princípio em questão é o mesmo: o de Arquimedes. Se o peso de um corpo imerso for mais leve do que o peso do fluido ambiente correspondente ao seu volume, o corpo aumentará: se for maior, isto é, se o corpo for mais pesado que o fluido que ele se desloca, será descer. O balão se move no ar, onde deve primeiro subir e depois descer. O batiscafo se move na água. Deixando a superfície, deve descer até as profundezas, e depois subir. O balão aumenta porque o envelope, inflado por um gás mais leve do que o ar ambiente (ar quente, gás da cidade, hidrogênio ou hélio), é volumoso o suficiente para suportar o peso do carro pendurado nele. Do mesmo modo, o batiscafo é, em seu princípio, mais leve do que a água: um flutuador cheio de substância leve sustenta uma esfera estanque que é fixada a ele.

Qual é a substância com uma gravidade específica inferior à da água que é adequada para preencher o flutuador?

Nós devemos excluir imediatamente o uso de gases: eles são muito compressíveis. As pressões que prevalecem a grande profundidade reduziram seu volume e seu poder de suporte em proporções tais que não é possível considerar seu uso, a menos que os efeitos dessa compressão possam ser evitados. Para obter esse resultado, seria necessário encerrar o gás em uma embarcação com paredes rígidas, quanto mais resistente e pesado, mais profundamente os mergulhos em perspectiva. É o princípio adotado para os submarinos convencionais, cujo casco está cheio de ar: mas sabemos que eles não podem mergulhar além das braçadeiras, ou não, sem o risco de que os cascos sejam esmagados. Mas para o batiscafo que deve poder descer alguns milhares de braças, devemos buscar outra solução, pois isso exige um considerável engrossamento das paredes e, portanto, um peso proibitivo.

Eu girei de gases e procurei uma substância menos compressível. Um sólido mais leve do que a água seria adequado e teria a vantagem de não fluir se o flutuador se danificasse. Por causa do fato que um sólido é menos compressível do que um líquido, seu poder de elevação não diminui com a profundidade de imersão, como é o caso com líquidos leves: pelo contrário, em uma profundidade, aumentaria. Pode-se contemplar o

uso de cera de lítio ou parafina. O lítio certamente seria o ideal. 35,3 cu. ft. (um metro cúbico) pesa 1211 lb. (sua gravidade específica é apenas 0,55). Em água doce, 35,3 cu. ft. de lítio seria suficiente para carregar um peso de 992 libras. Infelizmente, a produção deste metal é muito limitada. Antes da última guerra, quando tentei obter alguns, um fabricante me ofereceu $\frac{1}{3}$ oz e outro $\frac{2}{3}$ oz! Desde então, a produção de lítio aumentou nos Estados Unidos, mas é reservada para pesquisas em física nuclear.

No final, o único sólido que se poderia usar era parafina. Sua gravidade específica é 0,9. Em água doce 35,3 cu. ft. de parafina levaria apenas um peso de 220 libras e na água do mar 264 a 287 libras. O batiscafo exigiria um flutuador muito volumoso: seu custo e as dificuldades de transporte seriam consideráveis.

Portanto, devemos desistir de sólidos e procurar um líquido adequado.

A gasolina, um líquido de baixa gravidade específica, cumpre as condições exigidas.

Mas qual a qualidade da gasolina que deveria ser escolhida? Quanto mais leve, mais o tamanho do flutuador pode ser reduzido: mas, por outro lado, não deve ser muito leve, ou será muito volátil e muito compressível. A homogeneidade desta gasolina deve ser tal que uma evaporação parcial não modificaria muito a densidade. Depois de estudar o problema, a Esso Company nos forneceu (para o Trieste) com uma qualidade que deu total satisfação. Fertiliza entre 140 ° F e 176 ° F, o que prova uma boa homogeneidade. A 32 ° F. a sua gravidade específica é de 0,680 a 0,695: a esta temperatura 35,3 cu. ft. desta gasolina carrega na superfície na água do mar uma carga de 716 a 769 lb.

Em um grau menor que os gases, mas mais do que sólidos e água, o volume de gasolina é função da temperatura e da pressão. Isso também é um fato que deve ser levado em consideração quando o problema é construir um batiscafo, organizando, no fundo do flutuador, uma passagem que permita que a água do mar entre e deixe livremente para compensar essas variações: neste de modo que a mesma pressão sempre prevalecerá dentro e fora do flutuador, o que permitirá que o flutuador seja construído de folhas de metais relativamente leves. Deixe-nos aqui observar a analogia com o pequeno envelope de globos dirigíveis.

O leitor talvez se pergunte como nos decidimos descobrir como o volume da gasolina variou sob os efeitos da compressão e resfriamento. Pode-se, naturalmente, usar dados impressos, calcular a contração que um determinado hidrocarboneto manteria sob o efeito da pressão e do resfriamento. Mas seria exagerado adicionar estas duas contrações: em altas pressões, o coeficiente de expansão térmica é menor que a pressão normal. Agora, sobre este assunto, a literatura relevante é quase silenciosa. Achamos prudente fazer experimentos diretos

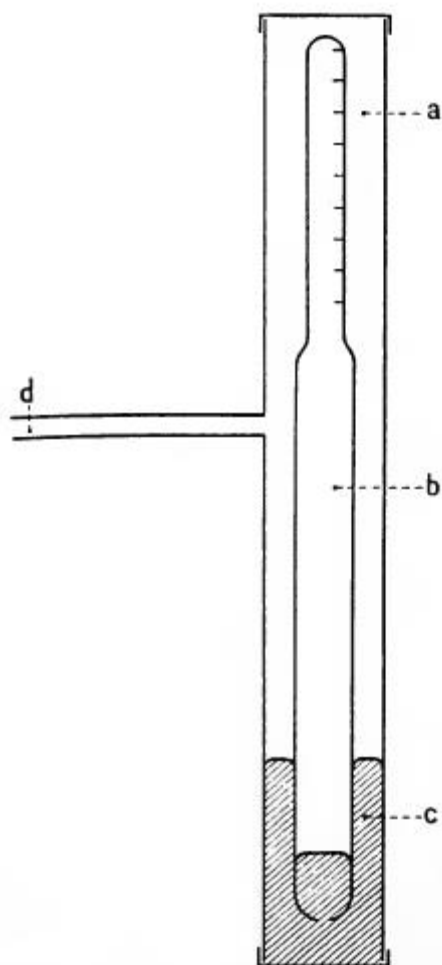


Fig. 2 Aparelho para medir as variações de volume da gasolina de acordo com a temperatura e pressão

e com os engenheiros da Société S  cheron em Genebra, aperfeiçoamos um novo método no momento em que eu estava trabalhando no batiscafo para a Marinha francesa.

Em um tubo de ferro com paredes grossas (ver Fig. 2) de 7 a 87 polegadas de comprimento e 0-787 cm de diâmetro, contendo uma certa quantidade de mercúrio c, foi introduzido um tubo de vidro, cheio com gasolina b, que teve um pequeno orifício na extremidade inferior. O tubo de ferro é fechado em ambas as extremidades e por um tubo lateral flexível d está conectado a uma bomba de alta pressão.

Começa por aquecer todo o aparelho a 86    F.: a gasolina se expande e o excesso escapa pelo orifício. Em seguida, todo o aparelho é arrefecido até 32    F e através do tubo d o óleo é introduzido sob pressão. os contratos de gasolina e uma quantidade correspondente de mercúrio penetra pelo orifício no momento em que, ao mesmo tempo, a pressão atinge 400 atmosferas e a temperatura    de 32    F. o aparelho é invertido e aberto e o volume de O mercúrio que entrou na parte graduada no tubo de vidro é medido. Após algumas pequenas correções necessárias pela contra  o durante e expansão após o experimento do vidro e do mercúrio (dos quais os coeficientes são conhecidos) o volume do mercúrio nos d   a contra  o total da gasolina; o problema é determinar isso para um caso extremo que possa surgir. Infelizmente, a compressibilidade da gasolina é maior que a da   gua. Por este fato, a capacidade de

elevação de uma dada quantidade de gasolina necessariamente diminui proporcionalmente à medida que o batiscafo desce: o seu equilíbrio vertical é, portanto, instável. Por isso, quanto mais descer o banho, mais pesado se torna, e mais tende a descer. Portanto, é necessário que o piloto seja capaz de iluminar o batiscafo jogando o lastro.

O batiscafo pode, no entanto, em casos raros, recuperar seu equilíbrio, se no decurso da sua descida encontrar uma camada de água muito mais fria e tão mais densa. Mas esse estado de repouso só pode ser temporário, porque no final de algumas horas a temperatura da gasolina será igual à da água circundante.

Observamos esse fenômeno de repouso após um resfriamento da água, em 14 de agosto de 1953, quando meu filho e eu fazemos uma descida experimental em profundidades de 22 braças. A cerca de 14 braças da superfície, o Trieste atingiu o equilíbrio em uma camada de água fria, onde parou (ver páginas 109-10).

O LASTRO

O problema do lastro é vital para o batiscafo e, deste ponto de vista, há uma diferença fundamental entre ele e o balão livre. Se o aeronauta não tiver mais lastro para jogar ao mar, ele não pode subir mais e talvez ele tenha que pousar mais rapidamente do que ele quisesse, e talvez também fizesse um pouso mais áspero. Mas não é uma catástrofe. Por outro lado, no batiscafo, uma quebra no aparelho sem balas impediria que ele voltasse à superfície. Um método deve ser encontrado assim, o que, em qualquer circunstância, permitirá que o piloto se desenrole e que nunca estará em perigo de uma quebra. O lastro está fora da cabine: o piloto deve, de certo modo, trabalhar através da parede da cabine. Como isso é possível? Poder-se-ia imaginar um sistema mecânico: uma haste de pressão ou um eixo passaria pela parede e começaria o desengate: isso exigiria uma caixa de enchimento. Agora, uma caixa de enchimento, estanque à pressão de alguns milhares de libras por polegada quadrada e permitindo o movimento livre do eixo, seria um órgão muito delicado e perigoso. Se for mantida bem, de fato, o eixo pode ser encravado e até mesmo pode quebrar. Além disso, a pressão externa da água compromete o jogo livre do sistema. Devemos desistir da caixa de enchimento e de qualquer unidade mecânica direta.

Nessas condições, não vejo nenhuma outra solução do que usar um controle elétrico, mas a própria palavra eletricidade eleva o duplo espectro de curto-circuito e conexão incorreta. Deixe-nos colocar o problema do outro lado: a corrente elétrica reterá o lastro e, quando a corrente estiver desligada, seja intencional ou acidentalmente, o lastro cairá. É o eletroímã que cumpre essas condições: enquanto a corrente atravessa sua bobina, ela manterá o fardo: ele irá soltá-lo assim que a corrente for cortada.

No entanto, o eletroímã na sua forma convencional é uma desvantagem. Cada ímã pode segurar e liberar apenas uma massa, e isso só permitiria desembarcar em grandes porções, enquanto que é essencial que o piloto possivelmente possa, em algumas circunstâncias, fazer um pouco em pequenas quantidades. Eu usei um pequeno tiro quando eu estava fazendo minhas ascensões na estratosfera e agora eu usei isso aqui e armazenado em dois grandes tanques embutidos no flutuador. Aqui está o arranjo que adotamos e que provou ser para toda a nossa satisfação. A parte inferior do tanque de armazenamento é em forma de funil: o orifício é circundado com uma bobina elétrica. Se a corrente elétrica estiver passando por ele, o pequeno tiro é magnetizado: ele então forma uma massa compacta que conecta o orifício. Se a corrente for cortada, o tiro flui como areia de uma caixa de areia. Se a corrente estiver ligada, o fluxo cessa instantaneamente (ver Fig. 9, 16 e 17).¹

Além do tiro de ferro, o primeiro batiscafo, o FNRS 2, carregou outros três tipos de lastro: banheiras cheias de sucata, mantidas no lugar por eletroímãs e capazes de não ser

batidas uma a uma; cascalho armazenado em quatro grandes tanques fechados no fundo por flaps-válvula, também mantidos fechados por eletro-ímãs. Se alguém desligou a corrente de um desses ímãs, a válvula se abriu e o conteúdo do tanque fluíu de uma só vez. Por último, por sua vez, cada uma das duas baterias de armazenamento pesado foi suspensa sob o flutuador para a armadura de um eletroímã: assim, as baterias serviram de lastro de emergência e poderiam ser sacrificadas em caso de necessidade.

A partir do momento em que o batiscafo foi iniciado, era necessário saber qual a quantidade de lastro que deve levar. Um excesso de lastro é inútil e aumenta o custo de construção e uso do submarino, uma vez que requer um aumento no volume do flutuador. Mas se a quantidade de lastro disponível é insuficiente, ai do piloto! Sem entrar em detalhes, devemos rastrear os principais elementos do problema.²

1 Este é o dispositivo com o qual o Trieste está equipado. Vamos ver mais tarde que os tanques de armazenamento também podem ser desbastados, se necessário, por exemplo, se o orifício

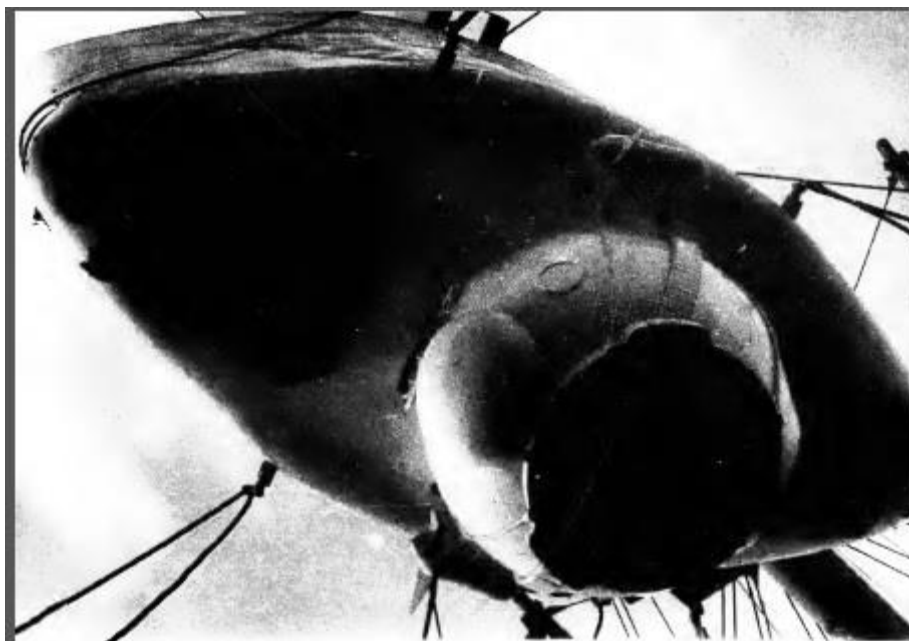
fica obstruído por um corpo estranho.

2 Este último modo de cancelamento também foi adotado para o batiscafo francês FNRS 3.

Se um flutuador de aproximadamente 22.000 galões de capacidade, como o do Trieste, por exemplo, está em equilíbrio na superfície com a água do mar a 86 ° F e tem essa temperatura em si, a capacidade de elevação diminui, em números redondos, por 8800 lb. (4000 kg.) se ele for reduzido a 2¹/₂ milhas (4 km) e atingir camadas onde a temperatura é de cerca de 32 ° F e se permanecer suficientemente longo a esta profundidade para atingir essa temperatura. Mas se a descida for muito rápida, a gasolina, em vez de ficar mais fria, é aquecida pelo efeito da compressão: este aquecimento é da ordem de 4,5 ° F por 3300 pés, em diferença de nível. Este é o fenômeno chamado "aquecimento adiabático". Devemos beneficiar por este aquecimento quando o batiscafo, dirigido por um piloto automático, descerá rapidamente para 3³/₄ milhas. Para compensar a diminuição da flutuabilidade, devemos descartar uma quantidade de lastro de 8800 lb. Para este lastro, que é obrigatório, é aconselhável adicionar o que devemos chamar balastro de emergência, que fixamos em 9460 lb., porque se, durante um teste quando vazio, uma articulação quebra e a cabine é inteiramente inundada com água, sofrerá uma sobrecarga com 9460 lb.: e queremos que o batiscafo aumente novamente para a superfície, apesar desta sobrecarga.

O flutuador do Trieste, como medida de segurança, foi dividido em compartimentos, o maior dos quais tinha um volume tal que a perda de flutuabilidade não excederia 9460 libras. Se, após um dano grave, toda a gasolina fosse substituída por água. Outras considerações também prescrevem lastro de emergência: em particular, o perigo de ficar preso na lama inferior ou em outros obstáculos, como as algas marinhas. Da mesma forma, em caso de perigo, tivemos que ser capazes de desembarcar o batiscafo completamente com o atraso mínimo para poder subir a toda velocidade. É claro que estas últimas considerações não podem ser calculadas antecipadamente. Mas eu avaliamos que 9460 lb de balastro de emergência seria suficiente.

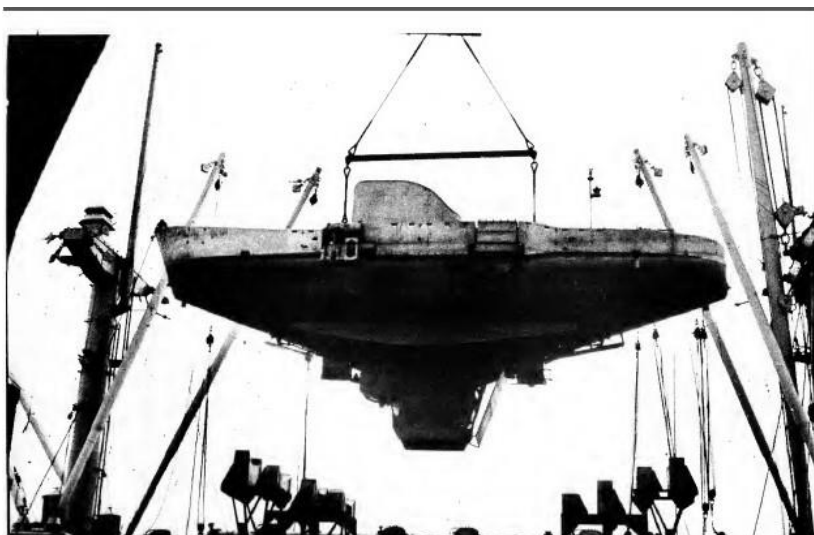
O leitor que está preocupado com nossa segurança perguntará: "O que aconteceria se vários dos acidentes mencionados surgissem ao mesmo tempo?"



Placa III O lançamento do FNRS 2, Dakar, 1948



Placa IV O flutuador do FNRS 2 é preenchido com gasolina, Dakar, 1948



Placa V O FNRS 3

Para isso, seria necessário duplicar ou agilizar a quantidade de balastro de emergência disponível. ' É verdade. Mas não esqueçamos que cada uma dessas ocorrências é em si muito improvável. Supondo que haja uma chance em mil para que um deles surja em um momento determinado, a probabilidade de dois acidentes simultâneos é de um em um milhão: é então menos do que o perigo que cada um de nós corre quando caminhamos em um grande cidade qualquer dia. Uma vez que não temos medo de ir à cidade, por que devemos temer descer em um batiscafo? Na verdade, por razões que veremos mais adiante, a quantidade de lastro disponível no Trieste é várias toneladas acima dos 18,260 lb., a soma das duas figuras precedentes.

TRILHAS E PROLETORES

Nosso batiscafo é então dotado de sua propriedade essencial: pode se mover verticalmente, mergulha nas profundezas, então ele sobe para a superfície e pode até permanecer estável entre os dois. Com isso, ele se assemelha ao balão livre: mas a analogia continua ainda mais. Cada balão livre é fornecido com um trilho, ou seja, uma corda de comprimento entre 33 e 55 metros e de um peso que varia entre 44 e 176 lb., que fica pendurado no carro. Se o piloto está se preparando para pousar, ele deixa o balão descer com alguma rapidez: é importante, no entanto, que o balão não seja batido no último momento para reduzir o choque de contato com a Terra. Mas se o piloto joga ao mar apenas um pouco de lastro, o balão ergue novamente. É aqui que a trilha segue a sua parte. Automaticamente, quando o balão se aproxima da terra, o trilho é jogado ao mar; mas é levado a bordo, se o balão mostra qualquer tendência a subir de novo. Além disso, se o balão, ao descer, chega a um lugar inadequado para pousar, o piloto pode deixá-lo "correr no rio" até encontrar um lugar melhor. Durante esta última etapa da jornada, é a trilha que estabiliza o balão a uma curta distância acima do solo. Em outros casos novamente, mesmo que não se destine a pousar, o trilho é permitido trilhar para observar o solo de perto. Este procedimento é acima de tudo divertido, pois dá aos passageiros muito mais variedade do que uma viagem a uma altitude elevada. Lembremo-me, por exemplo, do prazer que meus passageiros sentiram: eram aviadores suíços, entre os quais Bi Eder, o conquistador dos Pireneus e dos Alpes. Quando um dia de inverno arrastei a cordilheira por muitas milhas acima de uma floresta de faia que nos permitiu discernir uma multidão de lebres e cervos que, apanhados de fora, fugiram em todas as direções.

A trilha tem outra função importante. No momento do pouso, ele dirige o balão para uma posição adequada para operações.

O batiscafo também é fornecido com um trilho que reúne a mesma parte do balão livre: ele não faz um esguicho no submarino no momento em que se aproxima do fundo e, assim, diminui o choque de pouso. Ele mantém o submarino em equilíbrio estável na vizinhança do fundo e se uma corrente leve de água move o navio, ele permite que os passageiros observem o fundo de perto, enquanto a cabine se move lentamente a uma altitude de um fado ou seguindo as dobras do solo. Durante esta viagem, a trilha de trinco anexada à popa do flutuador também orienta o batiscafo de forma a colocar a janela de observação na frente. É por isso que eu equipei o FNRS 2 e o Trieste com um trilho e por que recomenda o uso para a Marinha francesa.

A corda do balão livre geralmente é feita de cânhamo: como o nosso tinha que ser pesado, mesmo debaixo da água, usei cabos metálicos; como tinha que ser mais flexível do que seria um único cabo do peso certo, empregava uma série de cabos relativamente finos que, combinados, formaram o que eu chamo de "cauda de cavalo". O FNRS 3, por outro lado, foi fornecido com uma cadeia pesada que oferece a vantagem de uma grande flexibilidade. No entanto, em um terreno suave, o atrito da corrente é considerável: isso pode, em certos casos, levar o batiscafo a uma paralisação completa.

Se, como é geralmente o caso no Atlântico, a água, mesmo em grandes profundidades, está se movendo a uma certa velocidade, o batiscafo poderá sem qualquer outra ajuda para prospectar uma longa faixa de terreno. Em muitos lugares, no entanto, por exemplo, no Mediterrâneo, a corrente é muito fraca para superar a fricção do trilho: às vezes, de fato, não há nenhuma corrente. Nesse caso, os observadores, durante toda a extensão do mergulho, não podiam observar mais do que alguns metros quadrados do fundo: os resultados científicos de tal mergulho seriam quase nulos. Para remediar isso, o batiscafo deve ser dotado de seu próprio poder de movimento. Deve, então, ser um balão livre, ser transformado em um balão dirigível. É por isso que nós equipamos cada um dos três batiscafo com duas hélices movidas eletricamente, uma a porta e uma a estribo. O piloto opera cada uma dessas duas hélices separadamente e pode variar a direção e a velocidade de rotação. Assim ele controla o título e o progresso do batiscafo. Os grupos propulsores do Trieste foram colocados no convés do navio e, conseqüentemente, foram de fácil acesso quando o batiscafo surgiu: o fato de que eles se tornam inutilizáveis é sem importância, já que não é necessário usar os mesmos. No banquinho francês FNRS 3, as hélices foram colocadas mais abaixo, ao lado do flutuador: isso está mais em conformidade com a tradição: mas na posição escolhida, eles ficaram mais expostos a danos por contato com embarcações ou outros obstáculos.

Quais as condições necessárias para o nosso aparelho propulsor? Para fazer observações, não precisávamos de grande velocidade; Eu pensei que uma velocidade de 4 polegadas por segundo bastaria bastante; ou, em língua náutica, cerca de 1/5 de nó. Mas não deve perder-se de vista que a força de propulsão desenvolvida pelos parafusos devia ser suficiente para superar o atrito produzido pelo trilho que arrastava pelo chão. Como o poder dos motores foi limitado pela capacidade de nossos acumuladores, tivemos que ter hélices de grande diâmetro e de baixa velocidade de rotação. Como os motores funcionaram sob a água? Três métodos se apresentaram.

Pode-se considerar o uso de motores de indução trifásicos que não possuem escova. Isso foi rejeitado; devemos ter que instalar na cabine um conversor rotativo, o que teria sido muito pesado.

Um motor poderia ter sido instalado, no ar, dentro de um recipiente hermético que resistiria à pressão. Rejeitamos essa idéia tanto quanto ao peso e ao custo do recipiente hermético, como por causa dos problemas de construção que apresentam as caixas de

enchimento.

A terceira solução, a que escolhemos para o Trieste, é ideal desde todos os pontos de vista. O motor gira em uma embarcação cheia de triolina (um líquido isolante orgânico mais pesado que a água): o eixo do motor é vertical e ele se projeta acima do recipiente. Devido à grande densidade do líquido isolante, dispensamos uma caixa de estufa. Na parte superior do eixo, um sistema de engrenagens produziu a redução de velocidade desejada para a rotação do parafuso e converteu-o sem dificuldade de rotação em torno de um eixo vertical para rotação em torno de um eixo horizontal. Este arranjo serviu mais tarde como um modelo para o tacômetro projetado para medir nossa velocidade vertical no decurso de mergulhos: devemos falar novamente na página 97. Os motores foram projetados e construídos pela empresa Ercole Marelli de Milão: as engrenagens de redução foram construído pela Navalmeccanica de Castellammare di Stabia. Desistimos da idéia de fornecer o batiscafo com um leme que, em vista da baixa velocidade própria do submarino, teria sido muito ineficiente; nossos dois parafusos eram suficientes para sua direção.

DIFERENTES TIPOS DE BATHYSCAPHE

Sabíamos agora como poderíamos realizar as diferentes operações de mergulho, de novo ou de navegação de baixa velocidade no fundo do mar.

Mas como é que conseguimos o batiscafo para o ponto de mergulho?

Várias maneiras são possíveis.

O primeiro consiste em carregar o batiscafo em um navio de carga de grande tonelagem e transportá-lo para o local: este foi o método utilizado para o FNRS 2. Desde o controle do próprio navio de carga os passageiros entraram na cabine estanque: o A escotilha foi então fechada sobre eles: então um guindaste levantou o submarino e o depositou sobre a água. O mergulho poderia começar.

Mas isso tem uma desvantagem: o peso do submarino e do flutuador cheio com gasolina. Por isso, era necessário um navio muito grande, pois sozinho iria possuir as instalações de lançamento necessárias. Mas até mesmo um navio como este listaria perigosamente enquanto mantinha o batiscafo acima da água e para contrariar essa tendência, teria que trocar alguma outra carga no navio para cortá-la. Isso, por sua vez, apresentaria outras dificuldades. Um barco 'canguru' teria evitado todas essas dificuldades: mas não possuímos uma à nossa disposição.

Como não podíamos escolher o tipo de navio para nos transportar, devemos adaptar o peso do batiscafo à tonelagem do navio de carga. Assim, fomos levados à idéia de lançar o submarino antes de encher o flutuador com gasolina e depois de bombear a gasolina, com o piloto e o observador já fechados na esfera. Uma vez que o mergulho terminou, a operação inversa deve ser feita: isto é, esvaziar o flutuador de sua gasolina e, em seguida, levantar o submarino a bordo: só a equipe pode sair da cabine.

Foi o que fizemos com o FNRS 2 nas ilhas de Cabo Verde em 1948; veremos que só foi possível em um mar muito calmo e que a tripulação foi obrigada a permanecer calada na cabana por muito tempo. A segunda solução pareceu mais fácil: preencha o flutuador no porto de casa e, a partir daí, arraste o batiscafo até o ponto de mergulho. É aí que a tripulação entra na cabine.

Mas isso significava que o flutuador tinha que ser forte o suficiente para enfrentar o rebocador, seja qual fosse o mar como fosse. Além disso, o eixo que permitiu que a tripulação descesse na esfera já submersa foi de construção frágil. Uma coisa era certa em qualquer caso: o segundo a solução exigiu uma máquina muito mais cara do que a primeira. É por isso que, ao construir o FNRS 2, desistimos da idéia do início. Será mostrado depois que conseguimos adotá-lo no caso do Trieste, graças à ajuda que recebemos na Suíça e Itália.

A terceira solução é um compromisso: o batiscafo é construído de tal forma que pode ser levado a reboque: está carregado, vazio, em um navio de carga que o transporta para o porto mais próximo do ponto de mergulho, e lá é lançado. Está cheio de gasolina: então, quando o mar permite, é rebocado para o local selecionado. Essa é a solução adotada para o FNRS 3 que, como se sabe, foi transportado por navio de carga de Toulon para Dakar, onde foi preenchido com gasolina antes de descer até 2200 braças. Resta uma questão a resolver: se o batiscafo for carregado de uma só peça no navio de carga, ou a cabana e o flutuador devem ser enviados separadamente? Isso depende do próprio navio de carga.

4: A construção do FNRS 2

APÓS essas considerações gerais, voltemos ao nosso primeiro batiscafo. Nós damos o nome do FNRS 2 em memória do primeiro balão estratosférico, o FNRS, e para registrar mais uma vez nossa gratidão ao Fonds National, essa magnífica instituição à qual a ciência belga deve tanto e que se pode dizer sem exagero, estimulou a criação de institutos similares em outros países. Levando em consideração os créditos limitados à nossa disposição, escolhemos para este batiscafo a forma não rebocável: esta decisão não foi tomada sem reflexão madura nem sem ter discutido com os especialistas as possibilidades de operar no alto mar usando os guindastes de um barco de carga. Aqui está a construção em detalhes.

A CABINE

A cabine esférica é naturalmente uma das porções principais do batiscafo. Deve obedecer aos seguintes requisitos:

Deve resistir às enormes pressões que sustentará em profundidades e que com toda a segurança desejável;

Deve ser perfeitamente estanque; e ser equipado com um escotilha forte e à prova d'água;

Deve ter janelas que permitirão aos ocupantes observar e fotografar o mundo externo; essas janelas naturalmente também devem ser fortes, estanques e perfeitamente transparentes;

A cabine deve ser suficientemente espaçosa para que a tripulação - um piloto e um observador - possa permanecer lá sem estar muito restrita em seus movimentos, apesar da presença de inúmeros instrumentos necessários para a pilotagem, pela renovação do ar e para a observação.

Para o balão estratosférico eu tinha consertado o diâmetro da cabine a 6,90 pés. (2,10 m.). Esta cabana foi construída com uma folha de alumínio leve de apenas 0,1375 polegadas (3-5 mm.) De espessura: conseguimos nos permitir esse luxo. Mas a cabine do submarino representa, em si, a principal fonte de peso, sendo o problema mantê-lo em equilíbrio na água: todas as dimensões do batiscafo e conseqüentemente seu custo dependem, em grande medida, do peso desta cabine. Tivemos que ser modesto.

Mas, por outro lado, se dois passageiros se fecharem por muito tempo nessa cabine submarina, é importante que eles tenham algum conforto relativamente. A Batisfera do Professor Beebe tinha um diâmetro interno de 4^{1/2} ft. Beebe e Barton mostraram que

dois homens podem viver por longas horas em tal espaço: mas eles mesmos descobriram que era muito desconfortável. Passei alguns minutos nele, no laboratório de Beebe, claro, não no mar aberto. Embora eu estivesse sozinho na esfera e meu auge não é muito maior que o de Beebe, achei a situação bastante dolorosa.

Depois de alguns ensaios feitos com maquetes, estabelecemos um diâmetro interno de $6\frac{3}{5}$ ft. (2 m.).

Quando o Trieste estava sendo construído, adotei as mesmas dimensões para a nova cabine - uma prova de que não me arrependi da minha decisão inicial.

Notemos que, se eu tivesse mantido o diâmetro de 6,9 pés, o peso de uma cabine com a mesma segurança teria aumentado na proporção de 100 a 116, isto é, no nosso caso, por 3520 lb., o que resultaria em um aumento considerável nas dimensões do flutuador.

Em que material devemos fazer a cabine e qual deve ser a espessura das paredes?

Para calcular com precisão as tensões a que a parede de uma esfera será sujeita, se a espessura for o mesmo e as pressões que ela carrega são uniformes, não apresenta dificuldade. Mas, de outro modo, era nosso caso. Várias aberturas foram cortadas na cabine: vigias, escotilhas, passagens para cabos elétricos e alguns tubos; Isso diminui sua solidez. É claro que a espessura da parede deve ser aumentada em torno desses orifícios, e está aqui, particularmente quando passamos de espessura simples para espessura reforçada, esse cálculo é curto. Nós fomos obrigados a fazer testes com modelos que, por si só, poderiam nos fornecer os dados necessários. O modelo de escala rigorosamente conforme ao plano e, obviamente, construídos no mesmo material que o real, foram colocado no laboratório em um tanque de aço cheio de óleo no qual a pressão aumentou progressivamente por meio de uma bomba até uma explosão violenta anunciada que a pequena esfera tinha sido esmagada. A pressão em que isso ocorreu foi aquela em que a cabine de tamanho normal provavelmente também seria esmagada.

A pressão a que poderia ser sujeito em segurança seria naturalmente menor. O que é chamado de fator de segurança é a relação entre essas duas pressões. Na maioria das estruturas técnicas, um fator de segurança de 4 é insistido. Se o designer pode recorrer a uma experiência muito importante na questão e, sobretudo, se o fracasso da estrutura não for fatal para a tripulação, seria permitido um fator de segurança de 3 ou mesmo 2. Mas no nosso caso pensei que seria melhor não ir mais baixo do que um fator de segurança de 4.

Embora imediatamente nos pareceu provável que devêssemos corrigir a escolha do material sobre o aço, primeiro fizemos alguns ensaios com plexiglás e com uma liga de magnésio. Esses materiais, mais leves que o aço, nos permitiram ter uma espessura de parede maior para o mesmo peso. A liga de magnésio não nos satisfazia. Quanto ao plexiglás, não é forte o suficiente para grandes profundidades: por outro lado, provavelmente faria muito bem para o mesoscafo, que não se destina a descer além de cerca de 500 braças (ver página 142).

Por conseguinte, escolhemos um aço de melhor qualidade, neste caso o aço fundido chamado "infatigável" dos Henricot Steel Mills (Aciéries Henricot) de Court-Saint-Etienne, na Bélgica. Em consequência dos nossos cálculos e ensaios com modelos, damos às paredes uma espessura de 3 a 54 cm (9 cm), aumentada para 5,91 pol. (15 cm) no bairro das aberturas. Assim concebido, a cabine provavelmente seria esmagada a uma pressão de 10 milhas de água: a $2\frac{1}{2}$ milhas de profundidade devemos então ter o que queremos, um fator de segurança de 4.

No entanto, pode acontecer, acima de tudo, quando são usados pedaços de metal fundido, que bolhas e falhas se formam e permanecem no interior do metal sem que haja qualquer falha por parte do foundryman. Quando as usinas procedem à produção em massa, realizam ensaios preliminares para determinar as condições de vazamento que

lhes garantam a homogeneidade do metal. No nosso caso, isso não era possível. Por isso, sujeitamos a cabine terminada ao exame radiográfico.¹ A União Minière du Haut-Katanga (União das Minas do Alto Katanga) nos emprestou um grama de rádio, que colocamos no

¹ Com a assistência dos *Etablissements Gevaert*.

centro da esfera. Os filmes fotográficos, no total de 18 metros quadrados, foram colocados ao redor da superfície externa da cabine. Após ter sido exposto durante vinte e quatro horas, o filme desenvolvido mostrou que o aço era homogêneo quase por toda parte. Em certos pontos, no entanto, discernimos lacunas no material. Para descobrir sua natureza, procedemos, com a ajuda de uma espécie de canudo, a tirar uma amostra da parte defeituosa: o material assim removido teve que ser substituído por um pino na forma de um cone truncado em aço "infatigável", tendo o ápice do cone coincidindo com o centro da esfera. As tensões sendo em todos os lugares perpendiculares a essa superfície cônica, a força da esfera não foi afetada de forma alguma. A amostra retirada mostrou bolhas com diâmetros subindo para $\frac{1}{5}$ de polegada, mas que, na opinião de especialistas em aço, também não

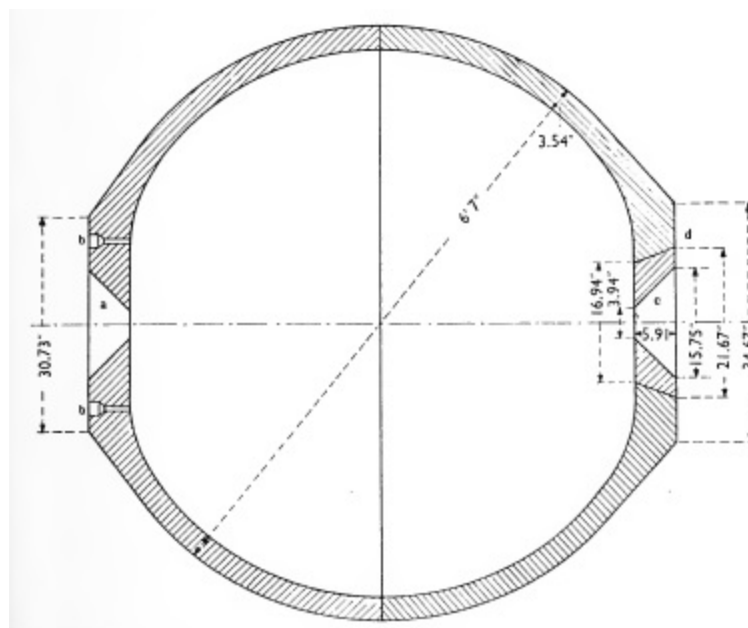


Fig. 3. Cabana do FNRS 2, o FNRS 3 e o Trieste, sem o dispositivo de aperto.

a. Vigia dianteira b. Passagens para cabos elétricos c. Porta da porta

prejudica muito a força da cabine. Eu concordei com isso, enquanto ainda me fazia pensar que o batiscafo faz mergulhos enquanto estiver vazio, até uma profundidade que excederia em 50% a qual pretendíamos descer. Considerava isso uma precaução elementar.¹

A Fig. 3 mostra a cabine na seção. O elenco, bem como a usinagem teriam sido impossíveis se a cabana tivesse que estar em um único

¹Desejo aqui expressar minha gratidão aos *Établissements Henricot* e agradeço eles pelo problema que tomaram.

peça. Por isso, nós a desenhamos em dois hemisférios, separados por uma articulação equatorial: essa divisão, de forma alguma, diminuiu a força do todo, as tensões ao longo da articulação estão em todos os lugares perpendiculares à sua superfície. Era naturalmente essencial que as duas superfícies a juntar fossem perfeitamente planas, de modo que as tensões deveriam ser distribuídas uniformemente em toda a superfície de contato. Os dois hemisférios foram terminados em um torno, internamente e externamente, de modo que sua espessura pode ser uniforme. No momento da fundição, cada hemisfério tinha um peso de toneladas, um peso que a usinagem reduzia para 5 toneladas. O objetivo deste processo é eliminar partes duvidosas da fundição que são encontradas, geralmente, na superfície e nas partes superiores de uma fundição.

AS JANELAS

De um batiscafo, é evidente que deve haver uma ampla visão do mundo submarino. A cabine deve ser fornecida com bom janelas, sem as quais o batiscafo não teria razão para a existência.

Aqui encontramos um problema novo e emocionante. Como a teoria é completamente inexistente, devemos depender inteiramente de experimentos com modelos. A preocupação com a qual assistimos essas experiências pode ser imaginada e, da mesma forma, a alegria que sentimos quando vimos a solução ideal aparecer pouco a pouco: só depois de descobrir que consegui decidir continuar a construção do meu submarino. O professor Beebe e o engenheiro Barton equiparam seu batisfera com janelas em quartzo fundido. Mas, mesmo com pequenas diferenças de pressão, os resultados não foram satisfatórios.

Nos laboratórios especializados no estudo de altas pressões, recorreremos a minúsculos peepholes feitos de um cone em diamante. Com as maiores pressões, mesmo esses diamantes se agravaram regularmente: é verdade que eles foram submetidos a enormes pressões, cerca de cem vezes tão grandes quanto aqueles a que as janelas seriam submetidas no mar.

Mas por que não simplesmente tomar o vidro, como fiz para o balão estratosférico. É porque as pressões que tivemos que resistir foram infinitamente maiores.

Se um buraco cilíndrico entediado em uma chapa plana de aço é coberto externamente por uma folha de vidro plano, obtém-se uma viga que bastante bem resistir a todas as pressões que pensávamos; mas o diâmetro da abertura seria muito pequeno, de modo que o campo visual também seria restrito. Consideramos que o corte na parede da cabine era cônico

furo ao qual seria montado um bloco de vidro na forma de um tronco cone. O campo visual seria então muito maior. Sobre este assunto, eu consultou o professor Michels em seu célebre laboratório de alto nível Pressões em Amsterdã: ele me avisou contra isso, prevendo rachaduras quando o batiscafo subiu novamente para a superfície, isto é, quando o a pressão estava diminuindo. Em seguida, fiz outros experimentos interpostos entre o vidro e o aço uma diversidade de substâncias mais suaves. Um dia nós pensei que tínhamos ganhado: o vidro parecia ter resistido perfeitamente.

Mas sofreu uma grande decepção quando dois dias depois lá apareceu em nosso bloco de vidro, perto da extremidade menor, uma série de mal rachaduras sensíveis. Ficou claro que não poderíamos usar o vidro. Então, em maio de 1939, o professor Guillisen, meu jovem assistente pai, chamou a atenção para o plexiglás, um produto orgânico perfeitamente transparente substância conhecida hoje, que acabou de aparecer no mercado. O plexiglás é muito menos duro do que o vidro: então pensei Para ter a menor chance de sucesso, devemos reduzir o diâmetro interno da nova viga a pequenas proporções. Mas descobrimos durante os ensaios modelo que isso era bastante desnecessário e que todas as coisas consideravam uma viga com um diâmetro interno de

3,94 polegadas (10 cm), um diâmetro externo de 15, 75 pol. (40 cm) e A espessura de 5,91 polegadas (15 cm) de espessura foi amplamente forte. Por extrapolação do resultados de nossas observações, senti-me capaz de concluir que um talvo só seria deformado permanentemente a uma pressão correspondente a $18^{3/5}$ milhas de água, e esse fracasso (o que, obviamente, seria fatal para os ocupantes da cabine) só os ameaçaria em muito maiores pressões. Este resultado, tão surpreendente à primeira vista, é explicado pelo fato de que o plexiglás é um pouco plástico: se uma pequena parte do A substância está sobrecarregada para além do seu limite de elasticidade, vai ligeiramente fora de forma e passa o excesso de carga para as partes adjacentes: assim o Os estresses são distribuídos de forma mais uniforme ao longo da peça inteira, enquanto o vidro, que não possui essa plasticidade, só pode ceder a uma sobrecarga por cracking.

Essas janelas são talvez a melhor característica do batiscafo.

Deixe o leitor se imaginar um observador que se incline para um dos estes portais e contemplando com seus próprios olhos o mundo de as profundezas do oceano que, pela primeira vez, são reveladas ao homem. Em um lado, um interior, de dimensões reduzidas é verdade, mas confortável suficiente. Aqui prevalece uma pressão atmosférica normal. No outro lado do oceano, que está pesando sobre a superfície externa do plexiglás com uma força de cerca de 500 toneladas. Nossa confiança nessas janelas foi tão completa que, durante todos os nossos mergulhos, nunca pensamos por um instante nas conseqüências do nosso cracking em plexiglas. A produção de tais itens não está no programa normal de fabricação industrial. Portanto, devemos aos nossos fornecedores¹ gratidão especial pelo cuidado que eles tomaram ao nos fornecer esses belos objetos, cuja transparência é a do cristal puro.

Deve-se acrescentar que a observação pode ser melhorada e que o campo visual de uma dessas vigias pode ser grandemente aumentado aplicando um prisma de plexiglás na superfície interna: a reflexão total que a camada fina de ar que separa as duas partes produzirá pode ser impedido pela introdução de uma gota de glicerina.²

ARTICULAÇÕES

Não basta que a cabine seja sólida: também é necessário que as diferentes articulações e particularmente a grande articulação entre os dois hemisférios sejam perfeitamente apertadas.

Existem muitos métodos em uso para garantir que a junção entre duas partes rígidas não vazem. Quando há baixa pressão, da ordem de uma atmosfera, por exemplo, basta colocar uma borracha layerof entre as duas partes. Devido à sua flexibilidade, a borracha adere perfeitamente às duas partes, mesmo que estas não estejam perfeitamente planas: esta é a vedação comumente usada na preservação de frascos. Em pressões mais elevadas, o anel de borracha corre o risco de ser forçado a sair da sua posição. A borracha deve então ser substituída por uma substância mais dura, couro, chumbo ou mesmo cobre puro, e as partes da embarcação devem ser apertadas fortemente por meio de potentes parafusos. No entanto, mesmo para pressões muito altas pode-se, em certos casos, usar um anel de borracha embutido em um sulco. No caso de nossos dois hemisférios, a interposição de qualquer máquina de lavar mais ou menos flexível ou plástica ofereceria grandes perigos. Na verdade, não é possível impedir que dois hemisférios forcem um contra o outro

¹ Quando o Trieste estava construindo, foi a Société Vétrocoke em Porto-Marghera (Veneza), que foi gentil o suficiente para nos fornecer três novas vigias em plexiglas.

² O leitor que deseja detalhes mais precisos encontrará nos apêndices um currículo dos testes de pressão que fizemos em 1938 com modelos de plexiglas em diferentes formas.

enorme pressão da água de espremer, por mais leve que seja, as bordas da lavadora, enquanto a porção do meio da lavadora permaneceria no lugar. A pressão entre os dois hemisférios será então diminuída em direção à borda da articulação e aumentada para o meio. Essa não uniformidade de estresse prejudicaria a força de toda a construção. Então, tivemos que desistir da idéia de interposição

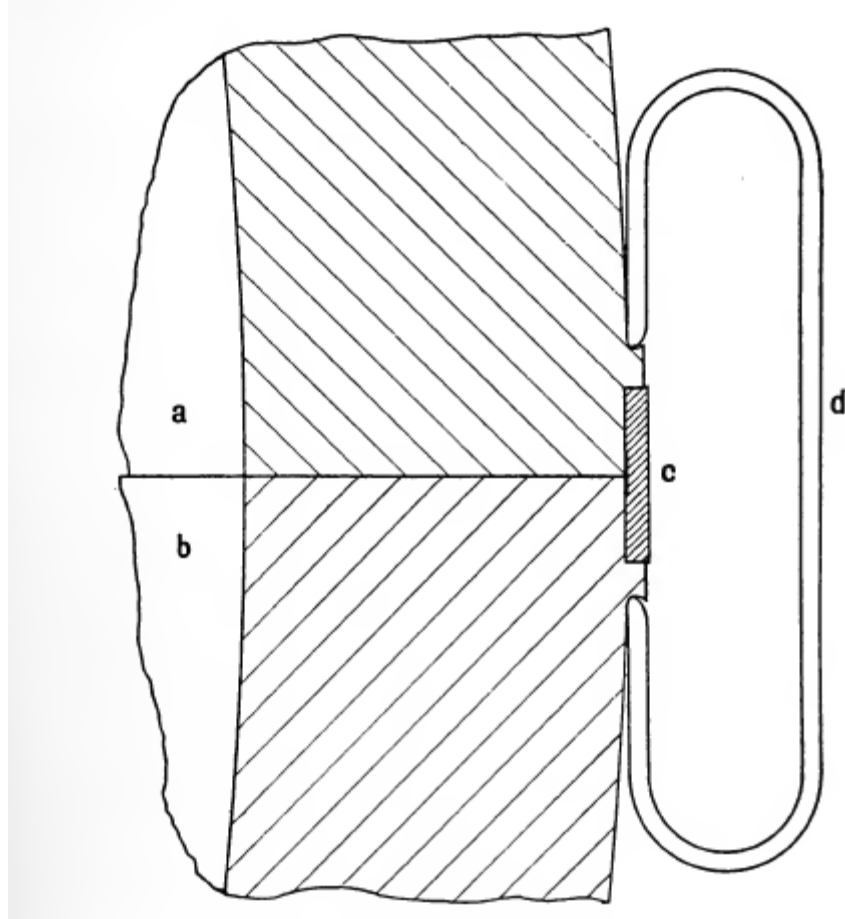


Fig. 4. FNRS 2-FNRS 3. Grampo para os dois hemisférios
a. hemisfério/ b. hemisfério/ c. Borracha/ d. Braçadeira de aço

Coloque e use a articulação da autoclave. O princípio é muito simples: os dois hemisférios são colocados diretamente um contra o outro e, no exterior da cabine, a junta é cercada por uma faixa de borracha. A pressão da água força esta borracha contra o metal e é perfeitamente impermeável, desde que os dois hemisférios estejam encaixados um contra o outro exatamente, ou seja, com a condição de que a usinagem é impecável. Se alguma coisa deveria penetrar na fissura, seria a borracha. Vamos acrescentar, para ser exato, que esse tipo de articulação, no entanto, não deve ser usado sob pressão muito maior do que aqueles em questão no nosso caso, pois então a borracha ficaria dura e quebradiça. Enquanto o Trieste estava descansando no fundo do mar Tirreno sob uma pressão de 325 atmosferas, examinei cuidadosamente a grande junta da cabine: não encontrei uma única gota de água nele.

O FLUTUADOR

É a gasolina contida no flutuador, que deve levar todo o peso do batiscafo. A cabine com seu conteúdo tem um peso de 11 toneladas: mas só desloca 5,5 toneladas de água. Seu peso aparente é, então, apenas 5,5 toneladas - o peso que o flutuador deve

transportar. Se, em números redondos, a densidade da gasolina é de 0,65 toneladas por metro cúbico e a da água na superfície do mar é de 1,02 toneladas por metro cúbico, cada metro cúbico de gasolina transportará 0,370 de uma tonelada. O volume de gasolina necessário para transportar a cabine e seu conteúdo deve ser então

$$5,5T/0,327T/m^3=14,8\text{cu.m.}=522,7\text{cu.pés.}$$

Deve também ter em conta o peso das partes metálicas do flutuador, das baterias de armazenamento pesado e de outras cargas e, finalmente, da contração da gasolina devido às baixas temperaturas e às pressões das grandes profundidades. Por outro lado, tivemos que ter uma reserva de gasolina para cuidar de um possível vazamento, ou para nos libertar se estivéssemos apanhados em algas flutuantes, a lama no fundo ou qualquer outro obstáculo, ou novamente para compensar uma possível diferença de densidade entre a gasolina permitida e a gasolina fornecida. Todas essas considerações foram consideradas, fomos levados a consertar o volume do flutuador em 1059 cu. pés (30 metros quadrados). ¹

Toda esta gasolina estava contida em seis tanques cilíndricos verticais, como se mostra na Fig. 5. Entre estes cilindros foi colocado o pequeno vaso contendo a gasolina de condução e os tanques de lastro. Tudo isso foi cercado por um invólucro de chapa de ferro de 0 a 4 polegadas de espessura que, em certa medida, protege os tanques de gasolina, diminui a resistência hidráulica que se opõe aos movimentos do batiscafo e retém qualquer gasolina que possa escorrer de um reservatório: finalmente, pode-se a introdução do ar aumenta a flutuação do batiscafo na superfície. É claro que, se tivéssemos fundos ilimitados, deveríamos ter melhorado o flutuador logo no início: seria uma questão simples reforçar o invólucro e dar-lhe uma forma mais hidrodinâmica. Mas se tivéssemos apresentado neste momento o plano de uma construção mais marinha, deveríamos ter dito: "É muito bonito, mas é muito querido". No entanto, se não tivéssemos trazido o FNRS 2 para estar com os meios e nas condições que gravei

¹ Para o Trieste, o volume foi aumentado para 3742 cu. ft., Este último batiscafo sendo maior e, portanto, mais pesado.

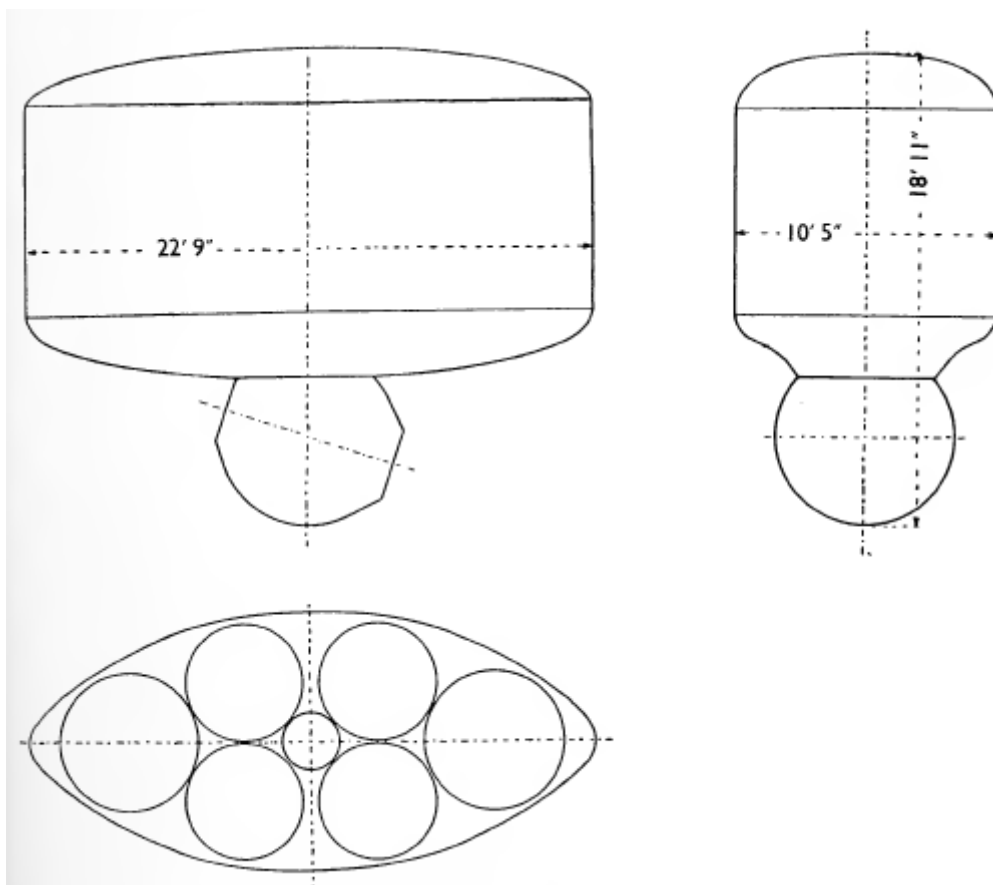


Fig. 5. FNRS 2. Flutuador e cabine

aqui, o FNRS 3 certamente não teria visto a luz e provavelmente não o Trieste também. Esses reservatórios deveriam ser feitos em chapas de alumínio com uma espessura de 0-1375 pol. Após a fixação das dimensões, M. Cosyns descobriu no mercado de metais de segunda mão tanques de alumínio que eram de dimensões correspondentes exatamente ao nosso plano. Eles originalmente foram destinados a conter o combustível para foguetes V2, mas o rápido avanço dos aliados em toda a Bélgica impediu seu uso. Teria sido um truque curioso do destino se esses vasos, em vez de ajudar a impulsionar motores de morte e destruição através da estratosfera, tivessem sido utilizados para a exploração científica do abismo submarino. Pode-se ver aqui outro exemplo da analogia entre navegação aeronáutica e submarina. (Estes restos da Vis, infelizmente, foram perdidos para nós no último momento.)

Uma nova analogia: os tanques nos foram fornecidos no final pelos Etablissements Georges L'Hoir de Liège, que anteriormente construíram as cabines de alumínio para o balão estratosférico FNRS. Os sete tanques de alumínio foram colocados verticalmente sobre uma estrutura de aço que suporta a cabine (Fig. 5). A Mercantile Marine Engineering Company, de Antuérpia, aproveitou generosamente para fornecer o envelope e organizar todo o equipamento do batiscafo.¹

AS FONTES DA CORRENTE ELÉCTRICA

Para fornecer a corrente necessária para a iluminação e o equipamento propulsor, devemos ter uma fonte considerável de energia: uma bateria de chumbo-ácido de 14 células e 900 amperes-horas, bem como uma pequena bateria de reserva de 12 células.

¹ *Aproveitamos a oportunidade de agradecer cordialmente, bem como o seu diretor e engenheiro chefe, M, de Bièvre.*

A grande bateria, disposta em dois caixotes de ferro, foi mantida sob o flutuador por dois eletroímãs, como já dissemos. Os caixões estavam cheios de óleo e estavam conectados com o mar: este óleo, portanto, estava na mesma pressão que a água. A pressão não poderia influenciar as reações eletroquímicas das baterias porque as variações volumétricas que as acompanham eram leves: para o resto, as provas que fizemos na nossa câmara de pressão provaram isso. Não há nenhum motivo para passar mais tempo nos detalhes especiais do FNRS 2. Todos os princípios de sua construção foram repetidos naquele do Trieste e, acima de tudo, no FNRS 3. Lucrando pela experiência, introduzimos naturalmente melhorias nos dois últimos, que devemos mencionar mais tarde.

5: A Caminho para Dakar

Em Tamise, no Scheldt, acima de Antuérpia, um navio de carga está sendo construído.

Dois professores de Bruxelas visitam com frequência. O fato é que o governo belga colocou os Scaldis à disposição deles para levar o FNRS 2 ao seu local de mergulho e, por conseguinte, o navio deve estar preparado para o seu trabalho. É um navio de 3500 toneladas, alimentado por vapor, que é superior ao Diesel, na medida em que sua velocidade pode ser variada rapidamente, e pode entrar em marcha-a sempre que for desejado: é, portanto, muito manobrável, o que é importante em nosso risco.

Para dizer que este navio foi concebido sob uma estrela de sorte e que a boa sorte sempre a acompanhou seria um exagero. Antes de ser usado por nós, ela fez sua viagem inaugural para o Báltico: a falta de sorte a perseguiu, pois o motor elétrico que atuou o leme quebrou: isso poderia acontecer a qualquer navio, e um dispositivo de emergência é fornecido que, operado à mão, permite que a tripulação navegue. Mas, como seria da sorte, o Scaldis estava na água do banco: os homens correram para a frente, mas, antes que pudessem intervir, o navio atingiu um cardume. A tripulação conseguiu evitar o naufrágio, mas o Scaldis teve que ser colocado em doca seca. Mais tarde, enquanto estávamos a bordo, ela parou no meio do Canal por causa de danos a um motor. Poucos dias depois, havia novos alarmes: desta vez era nosso próprio engenheiro que, com a ajuda do torno da nossa pequena oficina, reparava uma válvula defeituosa. Outra vez, com o nosso aparelho de soldagem de oxi-acetileno, ele reparou um steampipe danificado. Em Dakar, o único parafuso do Scaldis foi encontrado com duas lâminas em vez de três e ela teve que ir mais uma vez na doca seca. Depois de retornar da nossa expedição, ela foi vendida para a Bulgária.

Tal é o navio, então, com o qual devemos trabalhar. O mestre. O capitão Laforce, uma equipe de cinquenta e os membros da nossa expedição, compuseram seu complemento. Madame Cosyns acompanhou seu marido, como químico: entre outras tarefas, teve que manter em bom estado o aparelho que, durante os mergulhos, mediu a quantidade de dióxido de carbono no ar dentro da esfera. Meu filho Jacques também foi um dos festeiros, bem como dois jovens biólogos da Universidade de Bruxelas, Georges Marlier e Van den Eeckhoudt, que se juntaram a Dunkirk por Theodore Monod, professor do Museu de História Natural de Paris e diretor de o Institut Français d'Afrique Noire em Dakar, o oceanógrafo Claude Francis-Boeuf, cujo trágico final Em um acidente de avião na Abissínia, tivemos que desculpar muito pouco depois disso, e o Dr. Daniel Bouchet, o médico da nossa expedição. Havia conosco também um engenheiro da Universidade de Bruxelas, Louis Ockum, cuja assistência nos valia para o ajuste de certos aparelhos e

para todos os tipos de reparos, e um fotógrafo, Raphael Algoet, que deveria desenvolver o alambiques a bordo e também alguns dos filmes que tencionamos realizar. Por fim, o Governo belga nos enviou, como oficial de publicidade vinculado à expedição, Henri Ghysels, que realizou as tarefas nem sempre fáceis com as quais foi confiado um tato e delicadeza que me dá prazer em estressar. Pode parecer excessivo, olhar para trás, ter quatro observadores conosco, mas se todos os mergulhos projetados tivessem sido realizados, cada um deles teria podido descer pelo menos uma vez.

A cabana e os instrumentos chegaram em segurança de Court-Saint-Etienne e de Bruxelas, o batiscafo foi instalado nas oficinas do Mercantile. . . . "Então, por meio de um poderoso guindaste, foi guardado no grande escopo dos Scaldis, que foi reservado para nós. No espaço livre em volta desta espera, instalamos uma oficina onde devíamos trabalhar durante a viagem. O plano era colocar em Dunkirk, onde o Scaldis assumiria o frete destinado à África Ocidental, o frete a ser guardado nas prisões desocupadas: na viagem de regresso devia trazer produtos coloniais. No dia 1 de setembro de 1948, os Scaldis pesaram a âncora em Antuérpia e se mudaram para o Scheldt. Ela se moveu tão devagar pelas docas do porto que nossos amigos tiveram tempo para alcançar o Kruisschans Lock de carro e nos esperam lá. Nós nos inclinamos sobre as grades e acenamos de despedida, enquanto os Scaldis foram baixados para o nível mais baixo. Então partimos para o mar aberto. O tempo estava ameaçador, com chuva lixada, e o navio teve que ancorar perto de Flushing, não podendo arriscar uma passagem noturna em uma tempestade através dos canais difíceis que levaram ao Mar do Norte.

Mas quando chegamos ao promontório da Bretanha, de Ushant, o tempo acabou bem. O Golfo da Biscaia desmentia sua reputação e todo o caminho para Dakar devíamos aproveitar o clima magnífico. Agora que falamos disso, por que Dakar? Qual região nós escolhemos então para nossos experimentos? Várias considerações ditaram nossa escolha. Não conseguimos ir muito longe da Europa, ou os nossos custos de transporte teriam aumentado de toda proporção: devemos evitar localidades onde

as tempestades são freqüentes demais: finalmente, um ponto essencial, se queremos descer $2\frac{1}{2}$ milhas depois de ter submetido nosso aparelho a um teste, enquanto vazio, com uma "sobrecarga" de 50%, devemos ter que usar profundidades de $3\frac{3}{4}$ milhas. Agora, o Mar do Norte e o Canal não têm tais profundidades; além disso, há muito tráfego nesses mares. O Golfo da Biscaia e o Atlântico Norte são frequentemente atacados por tempestades. Então pensamos no Golfo da Guiné e, em particular, no ponto em que as coordenadas geográficas são as mais simples do mundo, a longitude e a latitude 0° . Mas tendo em mente o tempo limitado durante o qual tínhamos os Scaldis à nossa disposição, desistimos deste plano e finalmente decidimos nas proximidades de Cabo Verde.

Durante a primeira parte da viagem, no Canal, conhecemos muitos navios e passamos bastante perto de um submarino. Ele nos enviou sinais de luz no código Morse, mas a uma velocidade tão grande que nenhum de nós poderia fazê-los. Foi um pedido? Uma mensagem de boa vontade? Suspeitava que nosso navio carregasse um novo submersível capaz de mergulhar vinte vezes mais do que ele? No Atlântico, os navios tornaram-se menos frequentes. Várias vezes vimos tubarões. Mais notável, vimos borboletas a centenas de quilômetros da costa. Quantas horas tiveram que perseverar em seu vôo solitário para alcançar esse ponto? Sem dúvida, eles haviam sido transportados por correntes ascendentes de ar como planadores. Um deles, depois de ter acompanhado os Scaldis por um instante, foi agarrado debaixo de nossos olhos por um pássaro. Esta visão nos afligiu!

Ao largo da costa da África, conhecemos peixes voadores. Nós os vimos abruptamente se elevando da água em grande número e voamos em todas as direções. Não era, como

se costuma dizer, deslizar: a velocidade com que emergiam da água não seria suficiente para levá-los às distâncias que observávamos: nós claramente vimos suas as barbatanas voadoras vibram no ar como as asas das libélulas. Depois de cinquenta ou cem metros, o peixe cai na água. Seu desembarque, considerado do ponto de vista aeronáutico, é um fracasso. Ele mergulha, não importa o quão em uma onda, sem fazer a menor tentativa de reduzir o impacto, como qualquer pássaro faria, disparando antes do pouso. Se não voa uma grande distância, é porque o vôo com as pequenas altas deve ser exaustivo. Além disso, um vôo prolongado não teria nenhum propósito, pois é claro que ele só deixa a água para escapar de um inimigo: para dizer a verdade, nunca vimos seu perseguidor, mas percebendo o lugar de onde surgiu o peixe voador caminho do caçador.

6:Mergulho em Cabo Verde

A partir de Dakar, um sloop da Marinha Francesa veio nos encontrar, o Elie-Monnier; ela tinha a bordo dos capitães Tailliez e Cousteau. Um navio de guerra, ou mais exatamente um navio militar equipado para pesquisa oceanográfica, serve como base para os famosos mergulhadores da Marinha Francesa que, equipados com divisões ligeiras Cousteau-Gagnan, se especializaram em exploração de submarinos nas águas rasas e têm Já nos deu filmes de grande beleza. Algoet, nosso fotógrafo, não sabia que às vezes eles pescam para câmeras também. Poucos dias depois, de fato, ao entrar em uma lancha com as duas mãos na escada, ele pegou a correia de sua câmera entre os dentes, mas imitando o corvo na fábula, ele deixou cair em vinte braças de água. Ele estava muito chateado, mas Dumas, um dos mergulhadores, o consolou: "Tome a calma! Tudo estará certo quando estiver seco." E colocando seu equipamento, ele pulou na água, mergulhou e voltou com a câmera, tão friamente como se ele tivesse pegado um lápis do chão.

DAKAR

Em Dakar, as autoridades nos deram uma recepção triunfante como se tivéssemos conseguido nossa tentativa. Parecia prematuro para mim, e pensei em contar galinhas desabafadas. Vários detalhes do batiscofo ainda não foram verificados e ajustados. Eu estava percebendo as desvantagens da expedição estar sob um comando dividido, e eu estava lamentando que eu não estivesse sob responsabilidade exclusiva. Felizmente, a Marinha francesa nos deu toda a ajuda que queríamos. Foi inestimável para nós. Tivemos que encontrar o batiscofo o mais rápido possível quando surgiu após um mergulho profundo. Uma deriva considerável era de se esperar, enquanto estava sob a água, e um único navio não seria o suficiente para encontrá-lo novamente: acima de tudo, não o Scaldis. O Almirante Sol, comandante da base de Dakar, decidiu nos dar uma escolta de duas fragatas, Croix-de-Lorraine e Le-Verrier, e anexar-lhes dois hidroaviões. Posso ter permissão aqui para agradecer o Almirante Sol de forma mais cordial, bem como os oficiais da Marinha Francesa, e os engenheiros e pessoal do arsenal, por sua generosa ajuda e pela cordial recepção. É uma memória agradável. Nossa partida para a Ilha de Boa-Vista, uma das Ilhas de Cabo Verde, nas proximidades de quais os nossos primeiros mergulhos teriam lugar, foi atrasado por M. Cosyns adoecer. Este período de espera pelo menos nos permitiu proceder a alguma prática em matéria de lançamento do batiscofo. A operação, embora um pouco complicada demais, foi espetacular. O submarino estava no porão do Scaldis: dois ganchos foram levantados acima do seu flutuador. No cabo do guindaste pendia um grande gancho com um feixe ligado a ele. Em suas extremidades pendiam dois outros ganchos que estavam presos

aos primeiros ganchos. O motor a vapor do guincho começa a funcionar. Lentamente, o FNRS 2 é retirado do porão. Sua cabine está acima dos decks: a grua gira. As listas Scaldis. O guincho gira na direção oposta, desenrola o cabo e, pela primeira vez, o FNRS 2 faz contato com seu elemento. A cabine entra na água: o flutuador por sua vez é imerso em um terço de sua altura. Neste momento, o cabo se afrouxa: o FNRS 2 está a flutuar. É leve, pois ainda não foi preenchido com gasolina. Por precaução, o flutuador foi preenchido com dióxido de carbono para evitar todo o perigo de explosão no momento do bombeamento da gasolina. Duas mangueiras conectam os Scaldis com o batiscafo. Por uma mangueira, uma bomba envia a gasolina dos reservatórios para dentro dos cilindros do flutuador. O outro é usado para evacuar o gás: expulso pela gasolina, o gás volta para os reservatórios dos Scaldis onde ocupa o espaço que se tornou livre. Lentamente, o batiscafo afunda, até o momento em que os 7040 galões foram bombeados. Nossos cálculos se mostram corretos, o flutuador ainda mostra um pouco acima da superfície. Quando os dois passageiros estão na cabine e o balastro está no lugar, o batiscafo estará em equilíbrio adequado, pronto para o mergulho. Depois de ter levado a gasolina a bordo do Scaldis, substituímos o FNRS 2 no porão do barco. No dia 19 de outubro, finalmente deixamos Dakar para a Boa-Vista: o governo português autorizou a marinha francesa a entrar nas suas águas territoriais, e o Élie-Monnier com o seu eco-sonda levou sondagens em um grande número de pontos. Ele marcou uma zona no bairro de Boa-Vista, onde o fundo desce em uma suave inclinação regular: este era o lugar que parecia mais adequado para os primeiros testes. Nós lançamos âncora aqui em 21 de outubro de 1948.

Embora não estivéssemos para explorar o arquipélago, os binóculos e os telescópios foram muito evidentes. O clima aqui é extremamente árido, quase um deserto. Foi-nos dito que não choveu por três anos! Isso foi talvez um pouco exagerado, já que a vegetação não estava totalmente ausente. Os habitantes parecem viver da pesca ... De raça mestiça em sua maior parte, descendentes de portugueses e negros, eles levam uma existência miserável. Uma vez que não pousamos, alguns deles vieram em um pequeno barco para nos oferecer ovos, até mesmo uma galinha, em troca de cigarros. No primeiro dia, pensamos que vimos um grande lago na ilha, ao nível do mar. A brisa era leve; Mas, estranhamente, grandes ondas pareciam enrugar sua superfície. De hora em hora, ainda mais extraordinário, o lago mudou de forma: espalhou-se e depois encolheu. No dia seguinte, desapareceu. Era uma miragem.

A primeira descida deve ser feita a uma profundidade de 14 braças: eu queria que os mergulhadores pudessem nos acompanhar pesquisar as operações, particularmente para verificar o nosso despreocupado. Embora estivesse persuadido de que não havia nada a temer a este respeito, parecia prudente apontá-los para ajudar em qualquer caso. Como nosso submarino tinha que ser capaz de fazer testes sem uma equipe, nós o equipamos com um piloto automático: teve que cortar a corrente aos eletroímãs por meio de um servo-mecanismo fabricado pela Sprecher u. Schuh (Aarau, Suíça) e, portanto, solte o lastro assim que o medidor de pressão Haenni gravou a chegada na profundidade prescrita. Mas poderia ter acontecido que, por meio de um erro no nível, ou como resultado da deriva, o batiscafo veio descansar no chão sem ter atingido a profundidade pretendida: para providenciar que, nesse caso, o piloto não ficasse inativo, tinha sido equipado com um temporizador de Longines que, no final de um horário definido, deveria desligar o desembarque e a subida. Além disso, uma instalação especial era iniciar a mesma operação no caso de vazamento de água na cabine. Para esta primeira descida em águas rasas, onde deveríamos ser dois na cabine, o piloto automático não era necessário. Tinha sido entendido que não seria conectado. No entanto, sem mencionar isso, M. Cosyns a conectou, ficando satisfeito com a não

rebobinar a mudança de horário. Por minha parte, terminei a mudança de hora para ver se estava funcionando bem.

O que aconteceu, aconteceu. Na hora de H, enquanto o batiscafo ainda estava no fundo do porão e estávamos nos preparando para transferi-lo para a água, a corrente para os eletroímãs foi cortada automaticamente e uma das grandes baterias foi destacada e danificada. Este acidente manteve nossas operações por um dia, um atraso à primeira vista sem importância, mas irritante quando é preciso trabalhar dentro de um tempo muito limitado. No entanto, isso tornou evidente que nosso robô estava se comportando. No dia 26 de outubro, finalmente, tudo estava pronto para o primeiro mergulho.

Normalmente, M. Cosyns deveria ter ido comigo. Mas ele preferiu ficar no Scaldis de onde ele manteve um olho no trabalho fora de operação. Lamento-me por causa dele que ele não participou deste primeiro de todos os testes que eu esperava há tanto tempo, e que estava feliz por poder realizar finalmente. Uma vez que isso deixou um lugar livre, um dos biólogos conseguiu descer comigo. Os voluntários não eram difíceis de encontrar, e nós demos muita sorte para decidir quem deveria descer comigo. O professor Monod desenhou o número da sorte. Para consolar-se, os outros se convenceram de que iriam mais fundo quando chegasse a sua vez.

Para mim, foi o momento excelente. Não era uma questão de mergulho de 14 braças, mas que todos os detalhes do batiscafo agora devem ser testados. Se um está em 14 braças ou 21/2 milhas, o cancelamento e a renovação do ar na cabine, nos faróis e nas hélices, devem funcionar da mesma maneira. Descemos no porão e pelo poço de entrada, com o diâmetro de 17 pol., Deslocamo-nos para dentro da cabine. Eram três horas da tarde. A porta pesada suspensa de um trole rolando em dois trilhos instalados no nível do convés no Scaldis foi levantada, colocada no lugar e aparafusada. Lá estávamos cortados do mundo exterior. O telefone deveria ter nos permitido manter contato com nossos amigos, mas não estava funcionando; um resultado do comando dividido. Cinco anos depois, o telefone no Trieste foi para nos dar total satisfação: meu filho poderia dirigir as últimas operações da cabana antes do mergulho. Enquanto a uma profundidade de 22 braçadeiras, nós devíamos percorrer antes de Castellammare di Stabia, a comunicação com a superfície continuando ininterrupta.

Mas ainda estamos em Cabo Verde. Fechado na cabine, o professor Monod e eu olhamos para fora das vigias: primeiro não sentimos nada, mas de repente nós percebemos que o fundo do porão estava se afastando de nós: o guincho nos levou ao comando: aqui estávamos agora acima do convés do Scaldis. Estamos começando para a estratosfera? Não, depois de 30 pés, paramos de subir, e o guindaste virou. O convés do navio parecia escorregar abaixo de nós, depois os trilhos e o mar azul: então o casco do navio parecia subir. Avançamos lentamente em direção à água, até que finalmente as vigias foram imersas. A luz azul penetrou na cabine. A visão era mais bonita.

Mas então algo aconteceu, pois as janelas saíram da água novamente enquanto estávamos impacientes de descer: prisioneiros não podiam fazer nada. Se ao menos soubéssemos o que estava acontecendo! Mas o telefone, infelizmente, ficou em silêncio. No entanto, tive as operações cuidadosamente ensaiadas no porto de Dakar: a equipe não tinha treinamento suficiente? Como eu não tinha como se comunicar com a superfície, era impossível para mim intervir. Se ao menos eu pudesse ter sido dois homens; Sem perder meu lugar na cabine, estive presente no convés do Scaldis!

Finalmente, ouvimos o barulho da máquina de vapor que conduz o guincho. Descemos novamente. Mais uma vez, chegamos a uma paralisação. Como o flutuador não estava cheio de gasolina, era muito leve e não afundava mais na água do que em um terço da sua altura. Pareciam estar conectando as mangueiras para a gasolina e o dióxido de carbono. O único que podemos ouvir foi o murmúrio do nosso aparelho Draeger. Mas,

finalmente, adicionou-se um novo ruído: o murmúrio do motor da bomba que estava sugando a gasolina nos bunkers de combustível dos Scaldis e enviando-o para dentro dos tanques do batiscafo. Carregado assim, fomos lentamente para baixo. Nós assistimos o mar. Na frente de nossos vigias, um nadador passou. Nicolas é o amigo do capitão Nemo? Uma imagem ilustrando vinte mil ligas sob o mar permaneceu gravada na minha memória: meio século não o apagou: Aronnax, professor no museu de Paris e capitão Nemo na semi-escuridão do salão do nautilus: fora, em plena luz, o mergulhador. Hoje sou eu quem estou no submarino. Do meu lado, existe de fato um professor de museu em Paris, mas não é Aronnax, é o Dr. Monod. Não estamos no Nautilus, mas no FNRS 2. E estamos em 1948.

Isso não pode ser, então, o pérola-pescador do Cabo Matapan. Mas, apesar de tudo isso, a analogia nos divertiu. Era um mergulhador do Elie-Monnier. Ele tinha na frente de seus olhos os mergulhadores dos grandes goggles, entre seus lábios o porta-voz pelo qual eles respiravam, e em pé as palmeiras Corlieu. Ele aproximou-se de nossa vigia: acendi o rosto para que ele pudesse me ver.

O zumbido da bomba cessou: o flutuador estava cheio de gasolina. Agora, por que não descemos? A luz do dia diminuiu. Eles se esqueceram de nós no topo? A noite tropical cai rapidamente. As luzes dos Scaldis iluminaram o mar ao nosso redor. Ligamos-nos as nossas lâmpadas.

Mais uma vez, um mergulhador nos visitou; ele nos achou jogando xadrez. Por que não? Não tivemos mais nada para fazer, infelizmente. Como nem Monod nem eu o vi, ele atraiu nossa atenção batendo várias vezes na parede da cabine. Em uma pequena tábua, que ele segurava na frente da janela, lemos: "Você está indo para baixo. Não fique lá demais por muito tempo.

Não comece a funcionar. Por fim, algumas novidades! Mas por que ele disse "não fique por muito tempo"? Sem dúvida, ele não quis dizer mais do que é usual durante banyscaphe mergulhos, mas como nossa descida foi a primeira feita em um batiscafo, a ordem carecia de clareza até certo ponto. E por que não fomos iniciar o motor? Quando chegamos, ninguém poderia nos dar uma explicação. Foi uma decepção para mim não ver as nossas hélices funcionarem. Concluimos da mensagem de que eles estavam no processo de colocar o lastro a bordo. De repente, Monod gritou: "Estamos no fundo". Sem uma sacudida, sem um frasco, o FNRS 2 tinha baseado em 14 braças: os projetores do Scaldis iluminavam uma vasta área.

Como a eco sonda e o sapo nos levaram a esperar, o fundo era plano. Mas, se esperássemos encontrar anêmonas, corais ou ostras de pérolas, deveríamos ter ficado desapontados: o mar estava vazio. Em todo lugar, havia um sedimento cinzento, arrasado como um campo arado, onde a onda tinha rolado em sulcos. Aqui e ali, havia algumas manchas escuras, que o Dr. Monod não conseguiu explicar. Um poço luminoso passou. O Dr. Monod me disse que não era o peixe que era fosforescente, mas as algas com as quais estava coberta.

Começamos o aparelho a medir os raios cósmicos, e o medidor crepitou alto. Sem sequer verificar o gravador, poderíamos ouvir que era mais lento do que na superfície. Quatorze braças de água, então, absorve uma parte apreciável da radiação cósmica. No final de um quarto de hora, sem ter nada a fazer desde que não deveríamos nos mudar, decidimos que o limite entre * não suficientemente longo e ' muito longo "havia sido alcançado, então nós começamos a jogar o lastro ao mar. Doze grandes banheiras de sucata de ferro foram mantidas no flutuador por eletroímãs: tive minha mão em um interruptor; Tudo o que eu tinha que fazer era pressionar com um dedo para um dos eletro-ímãs para soltar. Em suma, é tão simples quanto um elevador moderno. De fato, depois de uma leve pressão sobre o botão, eu podia ver através da vigia que uma das

cubas de lastro se afrouxara e caiu. Eu repeti repetidamente esta operação: e o chão se afastou de nós. Às dez horas da noite, voltamos mais uma vez para a superfície. As horas passaram, interminável. Ouvimos o funcionamento da bomba e, finalmente, o guincho entra em ação. Minha porthole saiu da água: nós estávamos subindo. Eu podia ver os Scaldis com toda a equipe nos trilhos: reconheci meu filho, que é uma cabeça mais alta do que os outros: ele muito gostou de vir comigo. Se alguém pudesse ter dito a ele Naquela noite, cinco anos depois, ele iria para baixo, mas para 1680 braças, num banho de banho aperfeiçoado, o edifício do qual ele próprio havia dirigido! Continuamos subindo até chegar ao nível do baralho. A grua balançou; sob nós, o porão estava aberto: em todos os lados, os marinheiros seguraram a máquina por cordas para que não derrubasse os lados do porão. A fase final: fomos baixados no porão. Eu vi nossos companheiros, que estavam ansiosos para se juntar a nós o mais rápido possível. Finalmente, o FNRS 2 veio descansar no berço. Era três da manhã, quando a porta estava aberta. Tudo correu bem, mas com uma lentidão incompreensível. Nós tínhamos encerrado 12 horas. O mesmo aparelho Draeger, que em 27 de maio de 1931 nos permitiu viver dezessete horas na estratosfera, nos forneceu ar respirável durante todo esse tempo.

O próprio FNRS 2 se comportou muito bem. Não havia nenhuma razão para não continuar com o nosso programa.

Para o primeiro mergulho grave, eu tinha contemplado ir com um dos nossos biólogos, ou, se o Sr. Cosyns quisesse, com ele, a 550 braças. Desde o início, foi estabelecido que o batiscafo não fosse com uma tripulação para mais de dois terços da maior profundidade previamente alcançada sem uma equipe. Em outras palavras, estávamos aplicando aqui a regra clássica do engenheiro que exige uma sobrecarga de 50% antes de qualquer mecanismo ser aceito. (Com a cabana do Trieste feita de aço forjado, esta precaução era desnecessária em 1953 quando era apenas uma questão de descer para 1650 braças.) Isso implicava então uma descida vazia do batiscafo para 825 braças.

FOGO

O Elie-Monnier escolheu um lugar adequado para os testes, atrás da Ilha de Fogo, que é outro grupo de Cabo Verde. Em português, fogo significa fogo. Na verdade, um vulcão domina esta pequena ilha. É um cone de simetria notável que se eleva a cerca de 9900 pés. Para mim e para vários dos meus camaradas que nunca viam um vulcão perto, aproximar-se de algo era um evento. No momento da nossa chegada, o vulcão estava inativo: era quase o sono da Bela Adormecida, pois a última erupção ocorreu em 1857. Grandes camas de lava transformadas em rocha cinzenta atingiram o mar e mostravam a rota que a fogo destrutivo tomou durante os séculos passados. Era claro que uma erupção seria muito séria, pois ao longo da costa havia habitações. Dois anos depois da nossa visita, os jornais anunciaram que uma erupção havia assolado a ilha. Lamentava que nossa pequena frota, a Croix-de-Lorraine, o Le-Verrier, o Elie-Monnier e os Scaldis não estivessem presentes, então, para dar assistência.

No dia 31 de outubro, o FNRS 2 teve que ser enviado sozinho para uma profundidade de 825 braças. Para que não atingisse o fundo de forma muito violenta, se estivesse em um ponto com menos profundidade do que o suposto, nós instalamos, bem como o nosso piloto automático já descrito, uma espécie de antena pendurada abaixo do batiscafo e que, ao chegar ao chão, teria lançado o lastro. Durante o lançamento do batiscafo, a antena ainda estava dobrada. No momento em que o batiscafo atravessou os trilhos, Cosyns e eu, que estavam assistindo operações da ponte dos Scaldis, notaram que uma corda estava chegando perigosamente perto de nossa máquina. Antes de podermos intervir, tocou o ponto sensível. O robô funcionou bem, mas como um robô

sem sentido: e toneladas de lastro caíram na água. Foi o rolamento do Scaldis que causou o acidente. Novamente, um atraso irritante.

O mar era muito áspero para começar as operações novamente, então o Elie-Monnier partiu em uma viagem de reconhecimento para a Ilha de São Thiago. Ao seu retorno, seus oficiais anunciaram que as condições eram ideais na Baía de Santa Clara e que devíamos encontrar as profundidades necessárias perto da costa: se o vento não mudasse, devemos ter um mar vítreo. Os Scaldis, portanto, partiram para esta ilha.

PARA BAIXO PARA 770 BRAÇAS COM O PILOTO AUTOMÁTICO

Quando a manhã estava bem avançada em 3 de novembro de 1948, começamos os preparativos mais uma vez. O medidor de contato foi configurado para uma profundidade de 770 braças. Como a maioria dos despertadores, o interruptor de tempo que, na hora fixada, desencadearia o desembarcamento em uma situação em que o medidor não conseguiu funcionar, não se destinava a dormir: não pode ser definido por mais de doze horas, porque sua pequena roda de contato gira duas vezes em vinte e quatro horas. No momento em que a escotilha foi fechada no orifício, nós lhe demos um atraso máximo ao corrigi-lo para sair às 4.40 PM Parecia que isso nos daria uma ampla margem de tempo. A série de operações a serem realizadas, no entanto, é bastante longa. Era uma hora da tarde antes nosso submarino poderia finalmente ser lançado. Isso nos deixou três horas e quarenta minutos até H-hora. O Elie-Monnier tomou novas sondagens. Nossa navegação foi culpa? Se a corrente nos afastou da ilha? Em suma, agora tivemos apenas 495 braças abaixo de nós, então tivemos que rebocar a máquina em um ponto mais profundo. Uma vez que a cabine estava debaixo d'água, naturalmente não poderíamos mais ajustar o relógio. Tivemos um tempo muito curto antes de nós. Pouco começamos a mover-se do que uma das duas linhas de tração do Scaldis quebrou: um novo cabo precisava ser trazido da reserva; e tivemos que pegar o FNRS 2, que estava à deriva. Por fim, começamos de novo. Até agora, o tempo de nossa disposição era extremamente curto. O submarino ainda era um pouco leve. Muito apressadamente, demos o balastro extra. Por fim, às quatro horas, o batiscafo desceu. Sabíamos que às 4:40 PM Ele não seria o único. Nada poderia impedir isso. Tinha apenas 40 minutos para atingir a profundidade prescrita. Não sabíamos exatamente a velocidade da descida. O momento foi dramático. Nós tínhamos equipado nosso batiscafo com uma antena de radar para que as fragatas pudessem encontrá-lo novamente em caso de neblina. No momento em que essa antena desapareceu abaixo da superfície, o capitão Laforce, que era céptico, disse-me:

"Durante a guerra eu vi vários navios cair exatamente como o seu FNRS 2 está indo para baixo agora. Ninguém voltou a aparecer. "Não foi encorajador. Mas o nosso FNRS 2 não era um navio como os outros; era um batiscafo! Eu tinha toda a confiança no meu piloto automático. Mas eu tinha medo de que quarenta minutos não fossem suficientes para que a máquina alcançasse a profundidade desejada. A tripulação e os passageiros examinaram o mar: grupos de observadores aglomeraram os mastros e as escamas das duas fragatas. Eu mesmo assisti o horizonte da ponte dos Scaldis. Todo mundo temia que o batiscafo não aparecesse. Quanto a mim, eu tinha certeza de que voltaria a surgir, mas tinha medo de que chegasse muito cedo.

Lentamente, eu girei meu telescópio. Vários de nossos lançamentos e barcos foram espalhados. Mas o que era aquele pequeno barco que eu podia ver na distância?

Nenhum dos nossos foi enviado por lá. Não podia ser o FNRS 2, uma vez que não tinha antena. No entanto, eu reconheci sua cor laranja, e foi isso mesmo! Foram 4-29 PM A mudança de horário não poderia ter entrado em ação, então. Mas o submarino realmente conseguiu cobrir em vinte e nove minutos uma rota vertical de i-f milhas? Nesse caso,

tudo estaria em ordem. Mas e se a água tivesse penetrado na cabine, se fosse um vazamento que causasse o aparelho de alarme função? As respostas a essas questões teriam que esperar até que possamos abrir a cabine e ler o manômetro de gravação. Enquanto isso, as rãs do Elie-Monnier examinavam a cabine. O que eles nos disseram não foi muito reconfortante. Gotas de água podiam ser vistas dentro de uma das vigias, o que provava que uma articulação não era apertada. É verdade que algumas gotas teriam sido suficientes para amortecer uma vigia e recusei desistir de toda esperança. O submarino foi trazido ao lado. Enquanto isso, o vento subia; De repente, a noite surgiu, como acontece nos trópicos. Depois do escuro, as operações eram mais difíceis. Conectamos a mangueira sem dificuldade, que deveria conduzir o dióxido de carbono no flutuador, mas não conseguimos juntar o tubo grande que traria a gasolina para o Scaldis. O mar era muito áspero e a mangueira era pesada demais: todos os nossos esforços foram em vão. As ondas varreram o convés do batiscafo e os dois homens que trabalhavam nele estavam em grande perigo de serem lavados ao mar. Um tubarão virou lentamente ao redor do submarino. Embora os tubarões raramente atacassem o homem, então eles dizem que isso nos deixou ansiosos, por medo, talvez, que, à noite, possam ser menos pacíficos. Neste momento eu aprendi que um dos homens mal podia nadar. Isso fez a minha opinião, e nós os levamos de volta a bordo.

Como não havia possibilidade de levantar o batiscafo com a sua gasolina, decidimos reabrigá-lo para abrigo dentro da Baía de Santa-Clara. Mas nós só podíamos ir muito devagar: o FNRS 2 não era destinado a esse tipo de transporte: as ondas batiam em seus lados: as placas de metal cruzavam sob seus sopros. Além disso, tive a impressão de que o flutuador baixava lentamente: se fosse esse o caso, significava que havia um vazamento em um dos reservatórios, e a água, entrando por um dos orifícios inferiores, estava expulsando a gasolina e assumindo o seu lugar: à noite e em tal tempo era difícil dizer. Na verdade, isso foi um erro, mas não era para conhecê-lo até mais tarde. Se o batiscafo fosse mais pesado, isso terminaria por afundar. Portanto, tivemos que tomar uma decisão rápida: a gasolina devia ser substituída não por água, mas por dióxido de carbono. Tivemos que forçar este gás no reservatório por meio do tubo estreito, mas como a grande mangueira não podia ser conectada, devemos sacrificar a gasolina e deixá-la escorrer no mar. Isso pôs fim ao nosso mergulho e a toda a expedição, mas consideramos melhor sacrificar a gasolina do que arriscar a perda do batiscafo em si. 6600 galões de petróleo no mar aberto causaram um perigo considerável de fogo, então tivemos que proibir fumar. Eu enviei esta decisão por rádio para o Elie-Monnier e abrimos o galo do dióxido de carbono: a gasolina do batiscafo brotou como um geyser. Neste momento, o Elie-Monnier aproximou-se; e seu funil enviou uma chuva de faíscas. O meu comunicado não havia sido transmitido no tempo. Felizmente, eles ouviram nossos gritos e o navio de expedição se afastou.

Pouco a pouco, o flutuador foi esvaziado: o FNRS 2 subiu mais alto na água. Agora tentamos colocar os ganchos pendurados na viga transversa para os ganchos no batiscafo, mas todos os nossos esforços foram inúteis: os Scaldis e o FNRS 2 estavam rolando muito demais. Temendo que os marinheiros ficassem feridos pelos ganchos, tivemos que desistir dessa operação e mais uma vez levar os marinheiros a bordo. Sua coragem e lealdade eram admiráveis. O Scaldis estabeleceu o curso para a Baía de Santa-Clara, da qual o vento e a deriva nos levaram longe: a água ficaria calma lá. Enquanto isso, o batiscafo lutou desesperadamente com as ondas. Os pratos gemeram durante toda a noite. À meia-noite, perguntei ao capitão onde estávamos.

"Ainda estamos no mesmo lugar", disse ele. "Nós apenas estamos segurando o nosso contra a atual".

Não ousamos ir mais rápido: o batiscafo não teria resistido. Por fim, à medida que a

noite passava, a situação melhorava lentamente. Ganhamos na deriva e quanto mais chegávamos à ilha, menos drift havia. As ondas cresceram menos também: e nos movemos mais rápido. Quando chegou o amanhecer, estávamos na baía; e lá, sem qualquer dificuldade, o FNRS 2 foi trazido a bordo dos Scaldis.

Com ansiedade febril, abrimos a escotilha. Um primeiro olhar nos mostrou que havia muito pouca água na cabine, não o suficiente, em qualquer caso, para ter causado o piloto automático para desembarcar. Havia, portanto, algum motivo para a esperança de que a profundidade desejada tivesse sido alcançada. Eu deslizei primeiro para a esfera e para minha grande alegria, eu poderia anunciar uma profundidade de 759 braças. A diferença de 11 braças entre a profundidade para a qual o medidor de pressão de contato foi ajustada e marcada pelo índice do medidor de pressão de gravação não teve importância: o piloto automático cumpriu sua missão.

Inquestionavelmente, em vinte e nove minutos, o batiscafo havia coberto 15 18 braças, o que representa uma velocidade média de 5 pés por segundo. Ficou claro que a falta de peso tinha sido muito substancial: a paisagem do banho deve ter aumentado para a superfície a uma velocidade de mais de 6 pés por 6 polegadas por segundo. A essa velocidade, a velocidade crítica tinha sido excedido. Um balanço marcado resultou e foi esse movimento que causou a quebra da antena (veja a página 62).

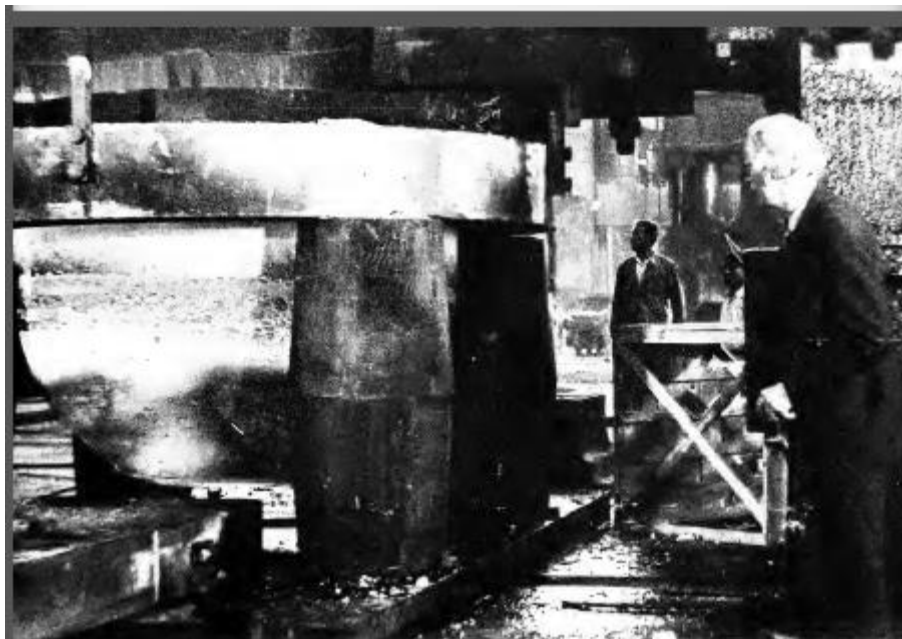
Mas como a água entrou na cabine? A direção dos salpicos nos levou à parte defeituosa: era a união do tubo trazendo água sob pressão para o manômetro que havia se tornado parcialmente desenroscada. Se o piloto automático tivesse duas mãos e uma chave de tubo, poderia sem dificuldade ter apertado esta junta. No Trieste, os mesmos sindicatos não permitiram a passagem de uma única gota de água, mesmo a uma profundidade de 1650 braças. Foi uma pena, em suma, que este mergulho tivesse sido feito vazio: se um de nós tivesse ido com o batiscafo, a imprensa poderia ter falado de um grande sucesso: neste momento ainda era professor Beebe quem, com seus 508 braças, realizou o recorde mundial de profundidade. No entanto, não tínhamos tentado caçar registros e o fato de uma cabana habitável ter realmente retornado de 759 braças tivesse exatamente o mesmo valor, do ponto de vista técnico, como se um homem ou uma cobaia estivesse fechado nela. Talvez até um pouco mais, uma vez que a construção do robô constituiu uma conquista técnica bem apresentável.

Deve notar-se que dois oficiais franceses do Elie-Monnier, cheios de entusiasmo pelo batiscafo e confiante de seu sucesso, se ofereceram como voluntários para esse mergulho. Esta oferta corajosa não pôde ser aceita pelas razões acima mencionadas, nosso submarino tendo primeiro a fazer um mergulho sem tripulação.

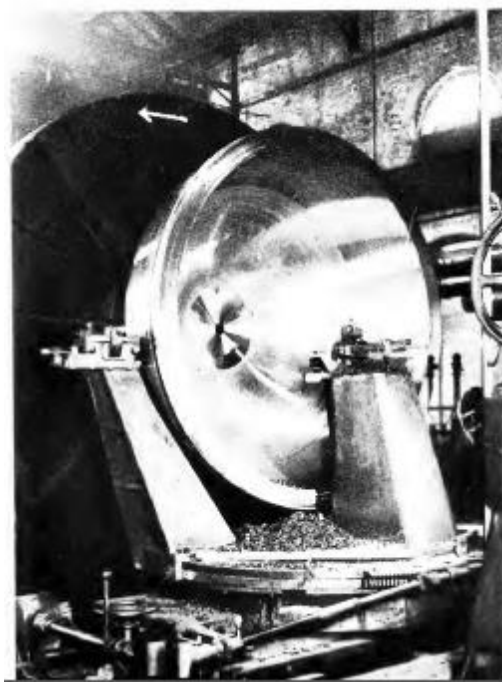
Este mergulho para 759 braças pôs fim aos nossos testes para 1948. Poucos dias depois, o Sr. Barton mergulhou em seu banho de catifeiro para 748 braças.

Agora partimos para Dakar, chegando lá no dia 6 de novembro. O fim da expedição veio quase sem incidentes. Os Scaldis tiveram que ir para colecionar frete na África Equatorial francesa, para não voltarem para casa vazia: o orçamento à nossa disposição não nos permitia pagar as passagens de doze pessoas em um barco de passageiros ou em um avião. Mais uma vez, as autoridades francesas fizeram um gesto generoso; E no dia 12 de novembro, às dez horas da noite, deixávamos Dakar todos juntos a bordo de um avião da Air France. Voamos sobre o Sahara numa noite sem lua: na escuridão dificilmente distinguimos as dunas. Um pouco antes do amanhecer, pousamos em Casablanca. No leste, Mercúrio era visível, destacando-se contra um céu ainda escuro; Na Europa, nunca mais se pode ver esse planeta tão claramente. Então o avião partiu para Paris, passando em linha reta sobre Cádiz, Toledo, Madri, o Golfo da Biscaia, Arcachon. Como nós voamos, podíamos ver a leste o Estreito de Gibraltar e a sua rocha, Marrocos e as Montanhas Atlas e além do Mediterrâneo. Tudo parecia exatamente

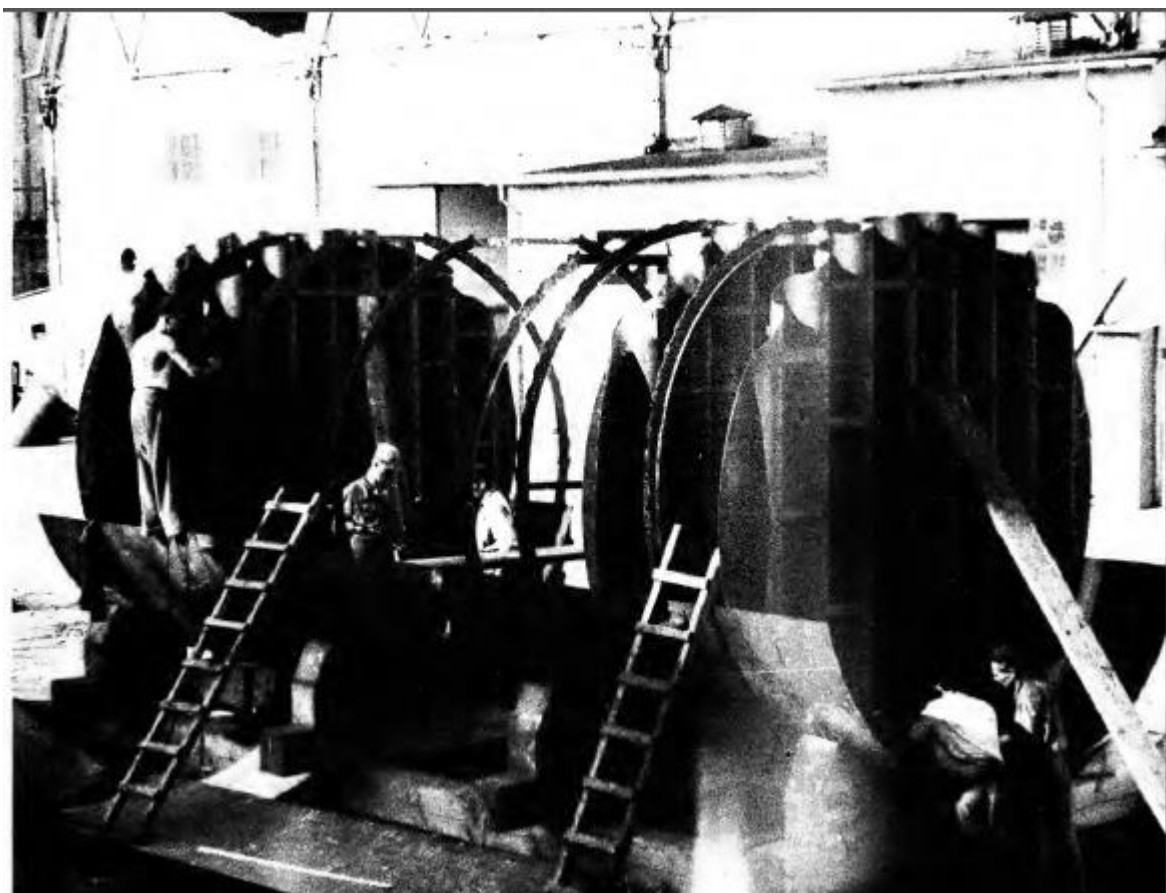
como no mapa. É verdade, então! E, no entanto, o mapa foi desenhado muito antes de qualquer olho humano poder ver todos esses lugares como um grupo. Em Paris mudamos de avião, e às quatro horas da tarde chegamos em Bruxelas. Qual é o veredicto da nossa expedição para as Ilhas de Cabo Verde? Lá tivemos, sem dúvida, muitas decepções: mas, e gostaria de enfatizar isso, a expedição estava longe de ser um fracasso. Não é a primeira vez que um experimento científico teve que ser feito uma e outra vez até que ele possa ocorrer em condições perfeitas. E quanto à técnica? Qual é o número de aviões que atravessaram o campo sem nunca ter conseguido entrar no ar? Ainda me lembro do tempo em que nos deitamos para garantir que as rodas tivessem deixado o chão: ficamos impressionados com a admiração toda vez que vimos alguns centímetros entre os pneus e o chão. É então sério que nossa primeira expedição não tenha tido um sucesso espetacular, pois provou que o princípio do batiscafo estava correto? Doravante, para este estudo, poderíamos recorrer a recursos muito maiores, financeiros e de outra forma; recursos como um não teria ousado arriscar para um primeiro julgamento. Sem o FNRS 2, nem o FNRS 3 nem o Trieste teriam nascido. E se em 1953 e 1954 foi possível mergulhar sucessivamente em 1100, 1650 e 2200 braças, é mesmo para o FNRS 2 que era devido. Os oficiais franceses do Elie-Monnier, que tão brilhante e tão espontaneamente colaboraram nesta expedição, viram imediatamente o valor do batiscafo; e são eles que, ao fazer fortes representações à Marinha francesa, que hesitou, fizeram com que ele decidisse assumi-lo.



PlacaVI Completando a formação de um dos hemisférios



Placa VII Um dos hemisférios no torno depois de estampar



Placa VIII O flutuador em construção. Observe as mamadas de aço corrugado

7: O FNRS 3

Vimos que as autoridades francesas e a Marinha francesa nos prestaram ajuda valiosa em 1948. De Dakar às Ilhas de Cabo Verde e durante os testes, o navio de expedição Elie-Monnier e as fragatas Croix-de-Lorraine e Le-Verrier nunca deixou nossos lados.

Ainda sinto uma grande gratidão para todos eles.

Com os oficiais franceses, naturalmente discutimos os resultados obtidos e as dificuldades encontradas. Todos concordamos que era necessário modificar a estrutura do FNRS 2 em certas partes. Em particular, levá-lo a bordo provou ser difícil. Por isso, foi

é aconselhável voltar ao plano anterior, estudado por mim em 1938, que havia sido abandonado por razões de economia, o reboque do batiscafo ao ponto de mergulho com seu flutuador já cheio de gasolina. Além do custo, esta solução não ofereceu dificuldades extras em particular. Foi o suficiente para seguir as linhas do casco de um navio: no entanto, implicava que, no alto mar, a tripulação teria que entrar na cabine por um eixo e operar a porta enquanto a cabana estava submersa. No meu regresso a Bruxelas, estudei esse problema em detalhes. Mas o Fonds National teve que levar em conta a opinião pública e as reações da imprensa. Eles foram acusados de ter investido fundos em uma empresa condenada pelo primeiro: eles tiveram que prestar mais atenção a essas opiniões porque eu era de nacionalidade suíça e não era marinheiro. Discussões seguidas; em 1950, o Fundo Nacional assinou um acordo com o Centro Francês Nacional de Pesquisa Científica e com a Marinha Francesa, nos termos dos quais a Marinha Francesa assumiu a si mesma para transformar o batiscafo utilizando a cabana de o FNRS 2. O instituto belga concedeu grandes créditos para a nova empresa. M. Cosyns e eu fomos nomeados "conselheiros científicos". O batiscafo permaneceu propriedade do Fonds National até três mergulhos a grandes profundidades terem ocorrido: então pertenceria à Marinha francesa. Seria chamado de FNRS 3.

No começo, na minha qualidade de conselheiro, fui a Toulon em várias ocasiões: minhas sugestões foram úteis, acredito, já que o arsenal não possuía um físico experimental. Posso dizer que comecei este trabalho com entusiasmo. Mas as condições em que eu Colaborei com eles gradualmente tornaram-se doloroso para mim: o trabalho não mostrou progresso: não tinha classificação: minha situação não era fácil. Este é o lugar onde eu estava quando um evento imprevisto aconteceu no início de 1952. Uma mensagem veio de mim de Trieste me perguntando se eu dirigiria a construção de um novo banho, como engenheiro físico, se os planos deles ocorressem.

A perspectiva de elaborar planos e supervisionar a construção desta segunda máquina, sendo eu a única responsável, foi tentador, não há dúvida. Seria como antes da guerra, quando o Fundo Nacional me havia concedido fundos sozinhos. Além disso, se, ao invés de um batiscafo, dois fossem construídos ao mesmo tempo, as explorações das grandes profundidades só podiam lucrar.

De qualquer forma, agora que comuniquei minhas idéias ao arsenal francês, não tinha muito mais a fazer em Toulon. Eles poderiam agora se dar bem sem minha ajuda. Sem demora, deixei as autoridades navais francesas saberem sobre a proposta que me foi feita. O arsenal de Toulon permaneceu na posse da cabine do FNRS 2, que poderia usar exatamente como era, sem fazer mudanças, e tinha meus instrumentos.

Desta vez, com meu filho Jacques, me dediquei à construção do novo batiscafo, o Trieste.

Lamento ter que me referir aqui a uma discussão que surgiu quando o Trieste foi concluído. Na verdade, as censuras feitas para mim não são dignas de ser mencionadas aqui: mas se eu estivesse em silêncio, poderia ser mal interpretado. Foi muito criticado

por ter deixado Toulon, e por ter feito "secretamente" a construção do Trieste. Sobre este ponto, devo deixar claro: no dia 23 de janeiro de 1952, antes de ir a Trieste, e muito antes de qualquer coisa ter sido decidida na Itália, fiz a Direção Geral de Construções e Armes Navales em Paris com a nova situação. Depois disso, pedi ao Fundo Nacional que se comunicasse com a Marinha francesa que eu me retirasse de Toulon, a menos que a Marinha Francesa me pedisse que fizesse mais trabalho.

Certos jornais desejavam dar a impressão de que o batiscafo era uma invenção francesa e que eu havia aproveitado minhas visitas ao arsenal de Toulon para copiar os planos do FNRS 3; De acordo com esses jornais, eu os usei depois para construir o Trieste. A verdade é muito mais simples: tendo em conta toda a experiência que adquirimos, tivemos um caminho e outro pensou que era bom construir uma

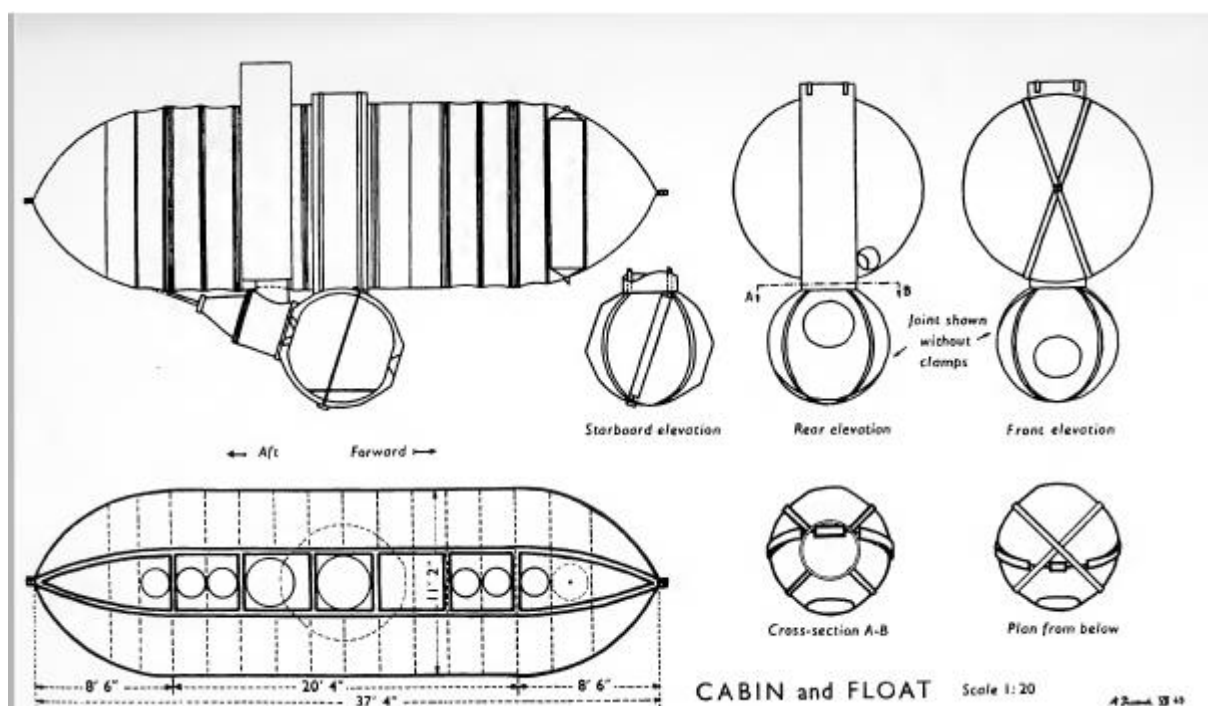


Fig. 6: Projeto de batiscafo dos desenhos do professor Piccard feitos em julho de 1949

Batiscafo rebocável. Em outras palavras, voltamos ao conceito que tinha tido em mente em 1938 e que eu desisti, como já disse acima, porque era muito caro. Imediatamente a meu regresso de Dakar, eu tinha trabalhado sobre os detalhes e eu tenho em minha posse um projeto que representa um batiscafo desse tipo que eu decidi em Bruxelas em julho de 1949, ou seja, muito antes de eu ter entrado no arsenal em Toulon (veja a Fig. 6).

As características do Trieste serão vistas imediatamente a partir deste plano: flutuador cilíndrico que se afunila na parte de trás e na frente, câmara de entrada, cabine anexada ao flutuador por quatro braçadeiras de aço, etc. ; o mecanismo que permitiu que a escotilha da cabine fosse configurada no local foi modificada posteriormente. Eu, além disso, tinha dado um fotostático desse plano ao capitão Cousteau e ao senhor Francis-Boeuf. Desde o momento em que foi decidido projetar o batiscafo para que ele possa ser rebocado, sua forma geral é determinada ipso facto.

Na minha sugestão, a Marinha Francesa adotou vários dispositivos instalados no FNRS 3: liberação do balastro por válvula magnética, válvula de controle, trilha, parafusos, iluminação lateral do campo de visão por projetores e muitas outras coisas. O fato de deixarmos a marinha francesa o aparelho Draeger e os medidores de pressão Haenni

(suíços), etc., é secundário; mas eu insisto em um ponto: a cabana do FNRS 2 constitui a parte principal do FNRS 3. Agora é eu quem primeiro desenhou os planos: tive então o perfeito direito de reproduzir essa esfera e incorporá-la no Trieste. Seu peso fixa as dimensões a serem administradas a um batiscafo.

Basta, para mim, explicar as semelhanças entre o FNRS 3 e o Trieste. Construído com o mesmo princípio inicial, nenhum deles é uma cópia do outro. Assim como é mostrado pelas fotografias publicadas (por exemplo, a Placa V deste livro), o flutuador do FNRS3 se assemelha muito ao casco de um navio real, enquanto eu mantive o flutuador de forma cilíndrica como no plano de 1949, sendo mais sólido, mais leve e menos oneroso. Apesar disso, e por causa da quilha de esgoto interna, ele se comportou muito bem no alto mar. Certos detalhes serão encontrados, naturalmente, em ambas as máquinas, como, por exemplo, a torre ou a escotilha superior da câmara de entrada. Eles são uma prática normal em submarinos e, os dois batiscafos que foram construídos com a colaboração de engenheiros submarinos, essas semelhanças, de modo algum, provaram que uma das duas máquinas foi copiada do outro. Um biólogo poderia dizer aqui que um olho de gato não foi copiado de um olho de cachorro, embora os dois animais descessem do mesmo antepassado.

Em conclusão, aqui estão as primeiras apresentações do FNRS 3, equipadas pelo capitão Georges Houot e pelo engenheiro marinho Pierre Willm, quando li sobre eles na imprensa:

1953	17 Junho	13 metros	(7 Braças)
1953	19 Junho	30 metros	(16 ^{1/2} Braças)
1953	25 Julho	70 metros	(38 ^{1/2} Braças)
1953	29 Julho	500 metros	(270 Braças) (Sem tripulação)
1953	5 Agosto	1500 metros	(820 Braças) (Sem tripulação)
1953	6 Agosto	750 metros	(410 Braças)
1953	12 Agosto	1500 metros	(820 Braças)
1953	14 Agosto	2100 metros	(1150 Braças)
1954	27 Janeiro	4100 metros	(2250 Braças) (Sem Tripulação)
1954	15 Fevereiro	4050 metros	(2210 Braças)
1954	22 Abril	1600 metros	(880 Braças) (Capitão Houot e Professor Monod)

PARTE DOIS

O TRIESTE

Na primavera de 1952, meu filho Jacques e eu aceitamos a proposta recebeu de Trieste para construir um novo batiscafo: era para suportar o nome daquela cidade.

Estamos fundamentalmente em dívida com a generosidade suíça e italiana por podermos trazer nossa primeira série de experiências: portanto, Trieste usava as bandeiras desses dois países juntos. A indústria italiana nos concedeu ajuda industrial e técnica e Suíça: Alemanha nos deu grandes fundos. A empresa Fiat nos concedeu bolsas generosas e, pelo presente de um carro, facilitou o nosso trabalho. O Esso Company put à nossa disposição 22.000 galões de gasolina extra-leve destilada especialmente para nós. A Companhia Terni Cantieri Riuniti dell' Adriatico e os de Castellammare di Stabia e muitas outras empresas e instituições, tanto na Suíça quanto na Itália, generosamente compartilhadas na empresa. Devo falar deles mais tarde. Agradeço a todos. No apêndice será encontrada a lista de amigos, patrocinadores e doadores.

Como era a nossa nova máquina?

O princípio geral do FNRS 2 foi naturalmente mantido: uma cabine estanque sustentada por um flutuador contendo gasolina. Mas havia uma diferença essencial: a máquina era destinada a ser rebocada, como já dissemos: o resultado foi que a tripulação teve que poder entrar e sair da cabana no mar aberto, por um eixo que atravessou o poço flutuador. Isso envolveu modificações consideráveis. A cabine, no entanto, era quase idêntica à do FNRS 2.

1: O FLUTUADOR

O flutuador do Trieste foi construído em um dos estaleiros pertencentes à Canderi Riuniti dell' Adriatico Company de Trieste em Monfalcone, uma pequena e pequena cidade industrial situada entre as colinas do Karst e o mar.

Como é frequentemente o caso em problemas técnicos, diferentes requisitos sugeriram soluções mutuamente incompatíveis, e a resposta às vezes era um compromisso baseado mais no julgamento do que em fórmulas matemáticas. Tivemos a sorte de poder aproveitar a longa experiência de M. Loser, o engenheiro do estaleiro. Tenho uma raticidade especial para ele: ele não poupou nem tempo nem dificuldade em procurar comigo os melhores problemas de um grande número de problemas estabelecidos pela construção do nosso navio, o que, de acordo, deve ser dito, de forma marcada, da prática estabelecida em arquitetura de aval convencional.

A Fig. 7 mostra a estrutura em suas linhas principais: o flutuador, em placas de aço macio, fusiforme ou mais corretamente cilíndrico, afinando-se igualmente em ambas as extremidades. Comprimento total 49 pés 6 polegadas; Diâmetro do cilindro de 3,5 m (3,5 pés). No interior existem doze compartimentos para gasolina de um volume total de 3736 cu. ft.: em cada extremidade um tanque de ar de 212 cu. ft. O compartimento central de uma capacidade de 153 cu. ft. contém gasolina estabilizadora. É construído sob a forma de um cilindro vertical. Cada um dos outros compartimentos e os dois tanques que ocupam toda a largura do flutuador são separados um do outro por doze partições transversais, ou anteparas, de ferro ondulado. A espessura das chapas metálicas que formam as anteparas e os tanques de ar é de 0,118 polegadas. (3 mm); o

das chapas metálicas na parte externa dos compartimentos para a gasolina é de 0,1973 pol. (5 mm). O peso do flutuador quando vazio é de 15 toneladas: este flutuador goza do luxo de ter suas calhas de esgoto dentro: imersas na gasolina, afundam os movimentos de rolamento consideravelmente pelo seu atrito com o líquido.

O leitor verá a partir da Placa XI as linhas escuras pintadas no casco do Trieste: seu objetivo não é imitar uma zebra, mas indicar claramente a posição das partições, pois, durante as operações em terra, é importante apoiar a batiscafo onde o flutuador é mais forte, isto é, nas anteparas. Além disso, é importante que, em caso de dano, possa ser imediatamente verificado qual o compartimento foi afetado. Todas as peças, fora e dentro, foram pintadas, mas foi difícil encontrar para o interior uma tinta que resistiria à água do mar e à gasolina.

Se eu tivesse que fazer novamente, e se eu tivesse à minha disposição fundos suficientes, eu deveria construir todo o float em aço inoxidável. O aumento de

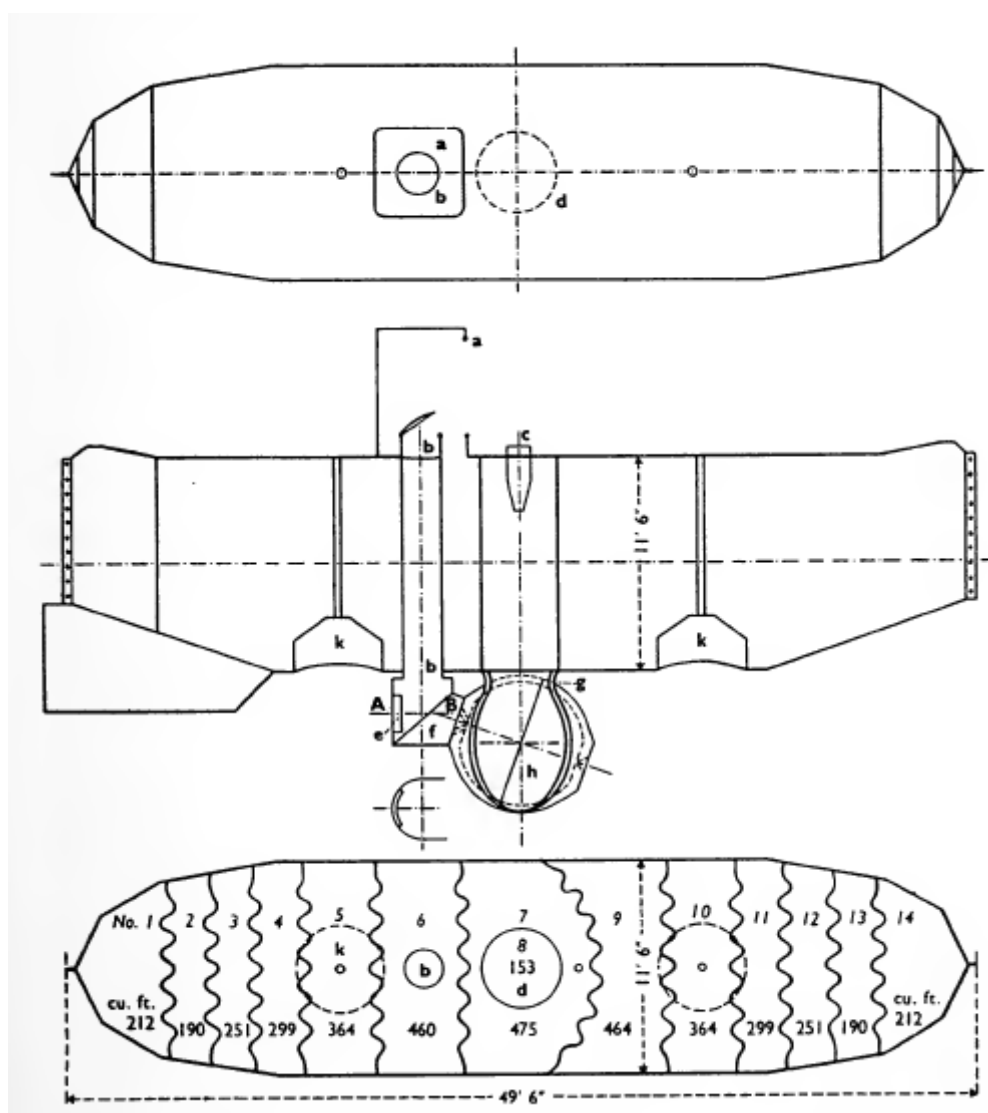


Fig. 7: O Trieste

o custo, no final, não seria tão grande como se poderia pensar à primeira vista, pois um só economizaria o custo da pintura que deve ser feito periodicamente. Além disso, com aço inoxidável, que é mais forte e não susceptível de diminuir a espessura por corrosão, as placas podem ser feitas mais fino; a diminuição do peso que resultaria permitiria uma

diminuição em todas as dimensões do flutuador.

Diretamente ou indiretamente, todos os compartimentos do flutuador devem estar em comunicação com o mar. Assim, a água tomará parcialmente o lugar da gasolina quando isso diminuir em volume, como resultado do aumento da pressão devido à descida ou após uma diminuição da temperatura. A água será expulsa quando a gasolina se expandir. A pressão será sempre a mesma coisa dentro e fora do flutuador, com a consequência de que as paredes não serão atuadas pelas enormes pressões de grandes profundidades. A Fig. 8 mostra o arranjo utilizado.

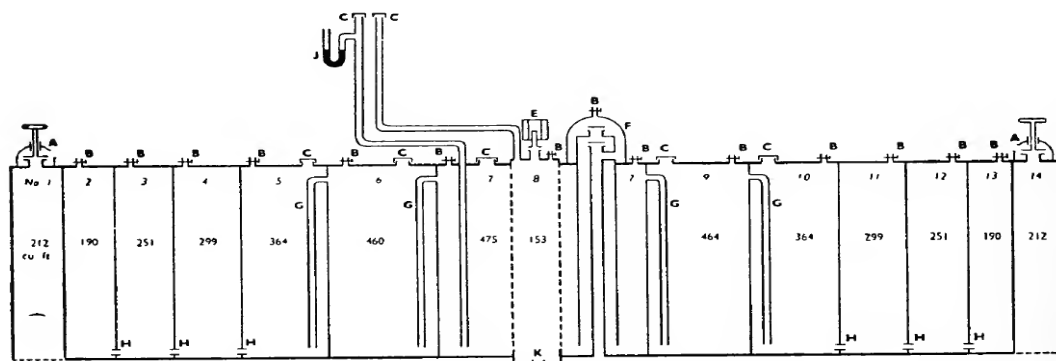


Fig. 8: Compartimentos no flutuador do Trieste

Imaginemos o batiscafo flutuando na água. O flutuador ainda está cheio de ar. As tampas das aberturas C são desparafusadas e as torneiras de drenagem B são abertas. Para evitar uma perda devido à expansão, o flutuador não está completamente cheio com gasolina. Primeiro, portanto, certa quantidade de água é vertida nos reservatórios 6, 7 e 9. Esta quantidade de água foi calculada antecipadamente, em termos de densidade da gasolina e sua temperatura, bem como do peso total que o batiscafo é para suportar. (No momento do primeiro enchimento do Trieste, era uma questão de 510 quilos de água.) Para o resto, o flutuador foi calculado de forma bastante generosa, pois, como vimos, no momento em que os planos foram elaborados, nem o peso das placas de metal nem a gravidade específica da gasolina eram conhecidos com precisão. Através das aberturas C, introduzimos quase toda a gasolina necessária para preencher o flutuador completamente. Todos os orifícios de enchimento estão fechados, exceto o que está no topo da torre, à esquerda no diagrama. Então, através desta última abertura, continuamos a introduzir a gasolina. Durante esta operação de enchimento, o ar nos compartimentos apaga-se pelas torneiras de drenagem B. (Estas consistem em duas torneiras diretas com um furo de 0,49 pol.) À medida que cada compartimento fica cheio, a gasolina é vista como aumentando através da drain-cock, e isso deve ser fechado. Quando todas as torneiras estão fechadas, sabemos que não há mais ar no flutuador. Isto é muito importante porque, no mar profundo, qualquer ar no flutuador seria comprimido para um volume muito pequeno e uma quantidade equivalente de água entraria no flutuador. A partir disso, resultaria em uma sobrecarga de cerca de 10 lb. por galão.

Portanto, é essencial garantir que todo o ar seja excluído antes de cada mergulho; mas também devemos determinar a quantidade de água presente em cada compartimento. Para este propósito, construímos um instrumento muito simples: um tubo metálico de 13,2 pés de comprimento e 0,394 pol. De diâmetro externo, que é percorrido de ponta a

ponta por um fio de cobre isolado que projeta 0,394 polegadas além da extremidade inferior, isto última parte, sendo nua. A parte superior do tubo e o fio são cimentados para uma bateria seca e uma pequena lâmpada. Se estiver em contato com a base do tubo, a água do mar (um condutor) fecha o circuito elétrico e a lâmpada acende-se. As torneiras de drenagem, na posição aberta, proporcionam passagem livre para o tubo; é assim fácil somar cada compartimento e determinar a quantidade de água presente nele. Os compartimentos 2, 3, 4 e 5, bem como 10, 11, 12 e 13 são intercomunicantes nas extremidades inferiores pelas aberturas H, enquanto a Os compartimentos 5, 6, 7, 9 e 10 comunicam pelos tubos G. O propósito desses tubos é sempre conduzir a água em direção ao reservatório central 7. Isso evita perdas de gasolina por meio da válvula de movimento alternativo e também melhora a estabilidade longitudinal do batiscafo. O reservatório 8 contém a gasolina estabilizadora. Está equipado com uma válvula E operada eletromagneticamente e com um orifício K pelo qual a água entra para substituir a gasolina que foi descartada.

Quando, após o enchimento, todas as aberturas B e C estão fechadas, o flutuador respira através da válvula dupla F para compensar as variações de volume da gasolina. O tubo em forma de U J deve evitar a catástrofe se, por algum acidente, a válvula dupla F se bloquear. Contém mercúrio, e suas dimensões são tais que permitem que a água passe em qualquer direção se ocorrer uma diferença de pressão de 0,15 atmosferas.

(Os detalhes da construção da válvula dupla F e da válvula de controle E estão indicados nos Apêndices.)

Outro perigo, a saber, o bloqueio de toda essa tubagem pelo gelo, também é protegido. Se o batiscafo permanece um certo tempo no fundo, a gasolina assume gradualmente a temperatura da água ambiente, que no Atlântico, mesmo nos trópicos, pode estar perto do ponto de congelamento. Suponhamos que agora ele comece um aumento rápido: devido à expansão adiabática, a temperatura da gasolina vai ainda mais baixa, caindo para 15 ° ou mesmo 5 ° F. Como resultado, a água contida nos tubos irá congelar ao longo as paredes. A seção transversal desses tubos deve ser de um tamanho tal que em nenhum caso o gelo formado previne a livre circulação de água, caso contrário o flutuador pode explodir. Tendo em conta a condutividade térmica do gelo e do tempo durante o qual a baixa temperatura da gasolina poderia continuar, calculamos a seção transversal que esses tubos devem ter e, como medida de precaução, esses cálculos foram verificados por testes realizada nas Glacières de Bruxelles (obras de refrigeração de Bruxelas) e na bomba de gelo de E. Burgin de Basileia.

Finalmente, as torneiras de drenagem B são cobertas com tampas que as protegem contra todos os danos. Essas tampas também impedem a perda de gasolina no caso de as torneiras diretas serem vazadas. Para evitar as tampas, que naturalmente contêm ar, sendo esmagadas sob grande pressão, são conectadas a vasos de borracha repletos de água, colocados no flutuador: nas profundezas a gasolina comprime os sacos de borracha e faz com que a água passe nas tampas, para substituir o ar, cujo volume será reduzido a quase nada.

OS TANQUES DO AR

As extremidades do flutuador são tanques de ar (Nº's 1 e 14, Fig. 8). Seu objetivo é dar fluidez ao batiscafo durante todas as operações de superfície. Quando cheios de ar, eles aumentam a força de elevação do flutuador em 12 toneladas. Antes do início do mergulho, as válvulas A são abertas e a água do mar entra no fundo dos tanques. Após o mergulho, o ar comprimido, fornecido a partir dos recipientes de reboque por meio de um tubo flexível, é usado para expulsar a água nesses tanques: o baralho pode então emergir cada vez mais acima do nível do mar. Se necessário, o flutuador também pode

ser cortado enchendo os dois tanques de forma desigual. Eles também asseguram certa proteção em caso de colisão: sendo construído em chapas metálicas de 0,118 pol. apenas a espessura, eles atingiriam primeiro o impacto e seus danos não resultariam em perda de gasolina.

A VÁLVULA DE CONTROLE

O batiscafo, derivado do balão livre, é, como o balão, equipado com uma válvula de controle: ao "puxar" a válvula, o aeronauta permite que o gás escape, diminuindo assim a velocidade de subida ou começando a descida. Da mesma forma, o piloto do batiscafo deve poder, ao abrir a válvula de controle, sacrificar a gasolina para verificar a taxa de subida, estabilizar sua máquina ou até diminuí-la. A válvula do balão é colocada no topo do envelope de gás único. Se permanecer bloqueado na sua posição aberta, o piloto não pode evitar um retorno a terra. Isso aconteceu quando o primeiro balão estratosférico americano, o Century of Progress, decolou; Em vez de entrar na estratosfera, o balão, depois de chegar a uma altura de apenas algumas centenas de pés, pousou no meio da estação ferroviária de Chicago. Algumas semanas depois, a válvula foi modificada, voltou a subir, e desta vez trouxe o registro de altitude da Europa para a América. Para eliminar os perigos desse tipo, obviamente, mais grave para um batiscafo do que para um balão, basta colocar a válvula no topo de um reservatório pequeno e independente. Eu escolhi o tubo central do nosso casco (do qual a cabine deveria ser suspensa) para armazenar a gasolina estabilizadora. Seu pequeno volume de 153-5 cu. ft. representa uma elevação estática da ordem de 3300 lb.

A manipulação da válvula, muito simples no balão livre convencional, mais complexa no balão estratosférico, tornou-se um problema difícil. É descrito no Apêndice.

SEM BALAS

É difícil dizer qual é a parte mais importante do batiscafo: assim como a força de uma cadeia depende daquele de cada link, cada um dos componentes do nosso submarino foi de vital importância: inúmeros problemas tiveram que ser resolvidos antes que fosse possível mergulhar na construção do todo.

O problema do desembarque, entretanto, está entre os mais interessantes: é um daqueles que ocuparam nosso pensamento desde o início. Ao descrever o FNRS 2, mencionamos diferentes sistemas de sinergismo, todos baseados na utilização de um campo magnético cuja ação cessa assim que a corrente que o alimenta é cortada.

Na construção do Trieste simplificamos o sistema e tornou mais flexível, fazendo uso de apenas um dos meios

Trabalhou para o FNRS 2. O lastro consiste em 9 toneladas de ferro pellets contidos em duas cubas de metal pesando duas toneladas. (Veja a Fig. 9.) Na base de cada uma dessas cubas é colocada uma válvula magnética que permite que o balastro seja liberado. Além disso, cada banheira é suspensa de um eletroímã: assim o balastro pode ser liberado em pequenas porções por meio das válvulas magnéticas: o peso de duas toneladas das cubas constitui um balastro de emergência que pode ser descartado cortando a corrente ao eletro-ímã; assim, as válvulas: o peso de duas toneladas das cubas constitui um lastro de emergência que pode ser descartado cortando a corrente para os ímãs de eletro. Além disso, se necessário, como seria o caso se as válvulas fossem paralisadas, o piloto sempre poderia

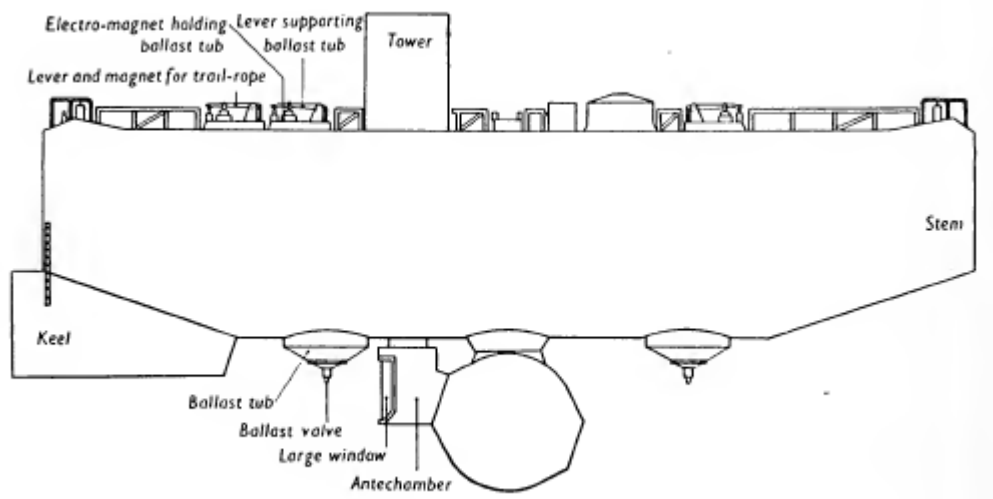


Fig.9: Elevação lateral do Trieste

soltar de uma só vez todas as pastilhas de ferro com as cubas. (O detalhe das válvulas e os eletroímãs serão encontrados descritos no Apêndice). Basta dizer que o ferro na válvula, quando magnetizado, se forma em um bloco sólido e pára o tubo de saída no ponto em que sua seção transversal diminui. Figs. 16 e 17 explicam o funcionamento.

CÂMARA CONDUZINDO PARA A CABINE

Os passageiros do FNRS 2 entraram na cabine enquanto o batiscofo ainda estava no porão do navio pai. Como o Trieste teve que ser lançado no porto, era necessário providenciar para que a tripulação não precisasse ficar calada na cabine durante toda a viagem ao local de mergulho. A partir desta surgiu a necessidade de chegar a nossa cabana no mar aberto, quando esta cabana seria 13 pés abaixo da superfície da água. Foi assim que fizemos isso. Um tubo b b de diâmetro de 25 polegadas (Fig. 7) atravessa todo o flutuador de cima para baixo e termina ao lado da cabine em um pequeno espaço que chamamos de antecâmara (ver Fig. 7, Fig. 9 e Placa XI). A parte superior do tubo pode ser fechada pela escotilha circular normal vista em submarinos e termina na torre de comando no convés. Na superfície, este eixo está geralmente vazio: ele é inserido por uma escada e um entra na cabine deslizando pela porta, em forma de um cone truncado, que dá acesso a ele. Esta porta está fechada e, por meio de uma bomba no recipiente de reboque, o eixo é cheio com água. Então a escotilha superior está fechada. O batiscofo está pronto para a descida: basta abrir os tanques de ar para mergulhar.

Após o mergulho, o eixo deve ser esvaziado. Para este fim, os ocupantes da cabine têm garrafas prontas de ar comprimido que dirigem para o eixo por meio de um pequeno tubo de aço. Assim, a água no eixo é expulsa através de um tubo grande que leva do fundo da antecâmara até acima do convés.

Pode-se também utilizar o ar comprimido da embarcação de reboque para esvaziar o reservatório de água sem ação por parte dos passageiros. Isto é necessário durante mergulhos vazios e é útil quando se quer economizar com as garrafas de ar comprimido na cabine.

O uso da bomba para preencher o eixo com água poderia ter sido evitado, por exemplo, colocando um portão de esclusa na base do eixo ou equipando o batiscofo com sua própria bomba, mas depois de estudar o sistema escolhido apareceu o mais adequado, pelo menos para os primeiros mergulhos. A porta da cabine tem uma vigia em plexiglás,

que permite ver a antecâmara: a parede da antecâmara virada para esta vigia tem uma grande janela em plexiglás 1,18 polegadas de espessura, 33,5 polegadas de altura e 23,6 em todo. Esta janela nunca tem que sustentar uma diferença de pressão de mais de alguns braços de água, pois em um mergulho o eixo está em comunicação com a água externa através do tubo grande que mencionamos. Daí a espessura de 1,18 polegadas para o plexiglás é bastante. Esta placa de vidro é uma bela conquista industrial que devemos à Vétrocoke. Através do poro da cabine e da janela grande, os observadores desfrutam de uma boa visibilidade nesta direção, sempre que a água introduzida no eixo esteja perfeitamente limpa. O Trieste possui, assim, dois vigias que oferecem amplos campos de visão externa, enquanto o FNRS 3 possui apenas um que é realmente útil.

O TUBO CENTRAL DO FLUTUADOR E A GUARNIÇÃO DA ESFERA

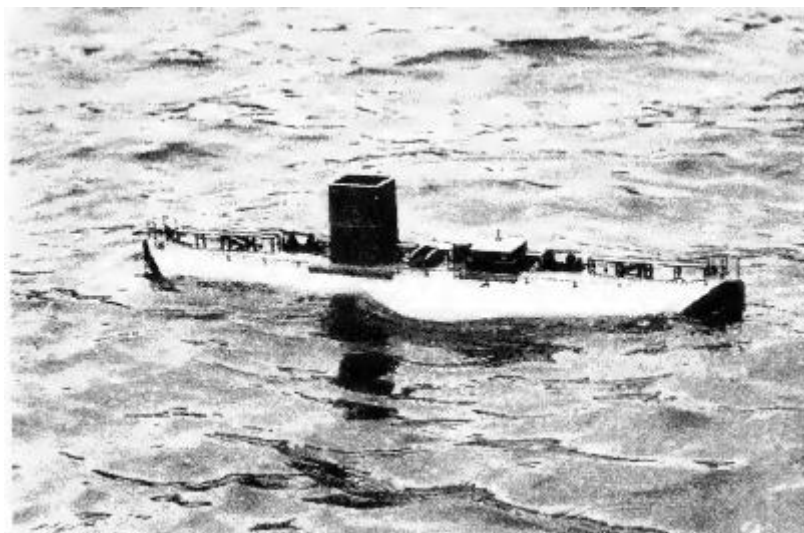
Existe um tubo de aço vertical de 47,3 polegadas de diâmetro, com uma espessura de parede de 0,394 pol. No centro do flutuador, que passa diretamente. É soldado às duas extremidades do casco. Possui três funções distintas:

O interior deste tubo serve como um reservatório para a gasolina estabilizadora. No topo do tubo, um grande gancho é afixado que permite que o guindaste levante todo o batiscafo: assim, a carga está bem distribuída pela parte superior e inferior do casco. A parte inferior do tubo é projetada um pouco abaixo do flutuador: a cabine está suspensa. A cabine é transportada por duas faixas de aço macio de 3,94 polegadas de largura e 0,394 polegadas de espessura que circulam e se cruzam na sua base e das quais as quatro extremidades são conectadas por meio de quatro parafusos de esforço em quatro pontos do tubo central. Entre estas bandas de aço e a cabine, há uma espessa camada de borracha, bem como entre a cabine e a base do tubo central. Por meio dos parafusos de tensão, a cabine é segura firmemente contra o tubo.

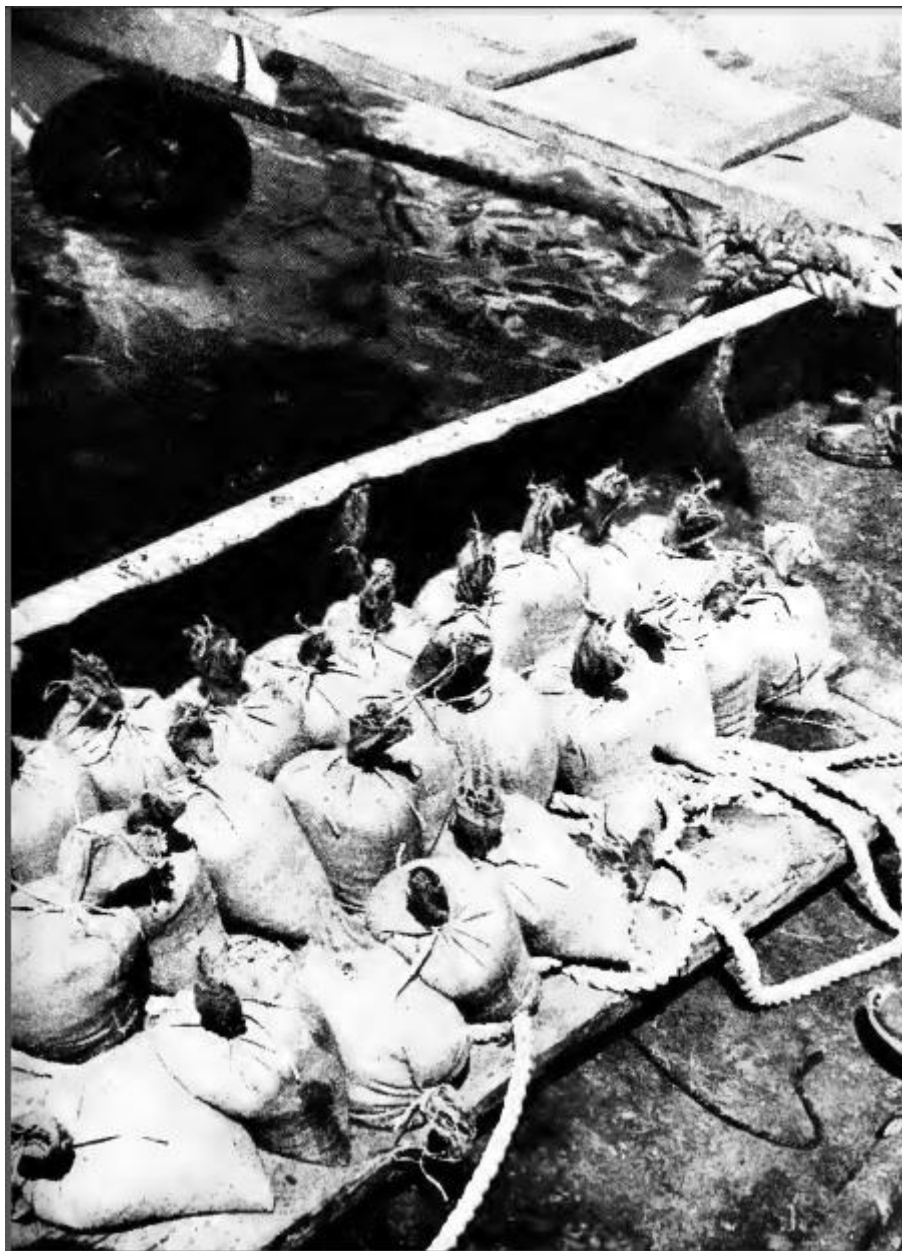
Na base da cabine, uma cruz de ferro evita que as faixas de aço saem do local e assegure-lhes uma certa proteção. De acordo com os cálculos, o fator de segurança desta suspensão é muito bom. Mesmo assim, testamos isso e isso foi feito da seguinte maneira:

Enquanto o flutuador estava na doca e descansou em seu berço, alternadamente afrouxamos uma e depois a outra das bandas de aço. A carga em cada banda foi, portanto, dobrada por sua vez. Mas como a cabine é aproximadamente duas vezes mais pesada no ar que na água, a suspensão foi testada com uma carga quatro vezes a normal. Por precaução, também cercamos a cabine com quatro grandes cabos que seriam suficientes para carregá-lo.

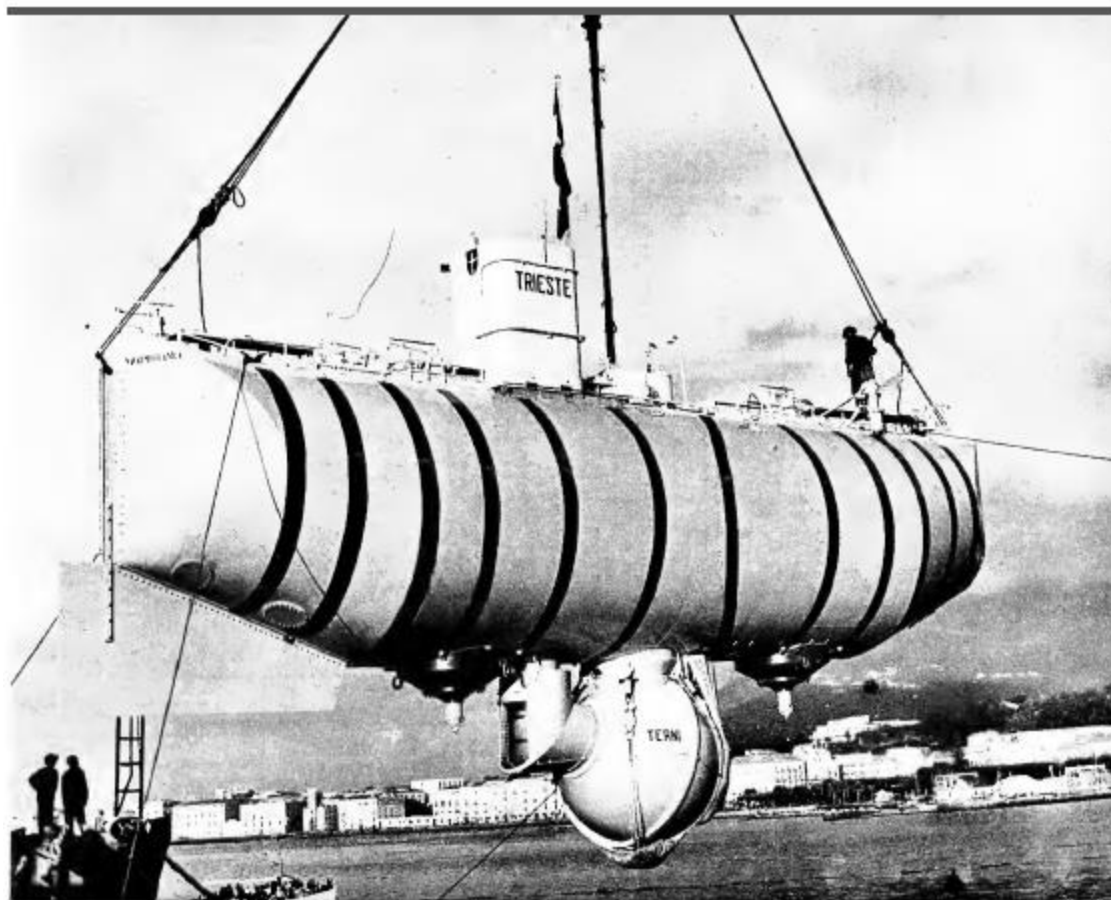
Se essa construção for comparada com a adotada para o FNRS 3, verá que nossa antiga cabine do FNRS 2 está descansando agora em uma verdadeira cesta de estrutura de aço: o fator de segurança desta suspensão parece muito maior que o nosso. No entanto, não gostaria de fazer uma troca dos dois sistemas de reparação. Eu considero que uma medida de segurança correspondente generosamente com as normas técnicas é suficiente: além disso, é óbvio que a cesta do FNRS 3 corre o risco de ficar presa em obstáculos submarinos.



Placa IX Um modelo do Trieste submetido a testes hidrodinâmicos



Placa X O tiro de ferro usado para lastro



Placa XI O Trieste é lançado em Castelammare

2: A Cabine

Depois que a cabine do FNRS 2 foi entregue pelo Fundo Nacional de Belga à Marinha Francesa, fomos a Terni para construir um novo batiscafo.

Terni, a cerca de 60 milhas a norte de Roma, é um centro industrial nas margens da Marmora, um afluente do Tibre. No início, antes da era da eletricidade, as quedas da Marmora forneceram energia para uma forja. Este desenvolveu e tornou-se uma das maiores empresas industriais da Itália, o Società per FIndustria e VElettricità (Empresa Industrial e Elétrica), que agora atua no seu centro original, vastas siderúrgicas de um tipo muito moderno. Esta empresa dobrou todas as suas energias para a construção de uma cabine realmente impecável.¹

O primeiro, o do FNRS 2 e o FNRS 3, estava em aço fundido. Para o Trieste, no entanto, foi decidido fazê-lo em aço forjado, que é mais forte e mais maleável.

De fato, todo sólido que está sujeito ao estresse é deformado. Se o estresse não exceder o limite elástico, a peça tira sua forma original assim que a carga for removida. Se esse limite foi excedido, a parte, após a descarga, mantém uma certa deformação, denominada "deformação permanente". Um estresse ainda maior produz ruptura. Para certos materiais, como o vidro, este último estresse é quase idêntico ao limite elástico: o

¹ Aqui eu gostaria de expressar minha grande gratidão a esta empresa e especialmente ao engenheiro, o Sr. Flagiello, Diretor da Escola Profissional de Terni, que dedicou sua energia e sua arte ao fabrico deste componente.

vidro não suporta deformação permanente, sem quebrar. Outros materiais sustentam uma deformação muito grande antes de quebrar: são maleáveis. Entre os metais comuns, o chumbo apresenta a maior maleabilidade. Quando, por acaso, um componente quebra, não é geralmente porque a carga excedeu o que a seção quebrada deve suportar: a causa disso é mais freqüente que as tensões não foram uniformemente distribuídas em toda a seção. Quando uma parte sobrecarregada quebra, sua carga passa inteiramente para as partes vizinhas: estas, sobrecarregadas por sua vez, quebram. Assim, passo a passo, uma parte inteira pode render-se, embora o cálculo aproximado tenha levado a acreditar que era forte o suficiente. Se, no entanto, o material mostrar uma maleabilidade suficiente, a parte sobrecarregada

pode esticar para além do seu limite elástico sem quebrar; isso continua a contribuir para a força do todo.

Em geral, os metais forjados terão uma deformação permanente maior do que os metais fundidos: são mais maleáveis. Este é o caso do aço. Ficamos muito felizes quando nos disseram em Terni que eles possuíam uma imprensa poderosa o suficiente para forjar os dois hemisférios da nossa cabine. Além da superioridade do próprio material, esse processo de fabricação tinha outras vantagens.

Em um elenco, a parte superior pode ser de menor qualidade. É lá que, na maioria das vezes, encontra falhas e bolsões decorrentes de descargas gasosas. A matéria-prima para cada hemisfério formou um lingote em uma posição vertical, 12,70 pés de altura e um diâmetro médio de 3,5 pés. Este lingote pesava 24 toneladas. Poderíamos assim sacrificar toda a parte superior do cilindro antes de começar a forjar o material para utilizar apenas a parte inferior, o que seria de uma qualidade muito melhor. Esta parte seria então achatada por meio de uma prensa, de modo a dar-lhe a forma de um disco. Este disco seria então pressionado na forma de um hemisfério. Assim, cada bolso seria achatado e, finalmente, formaria uma veia fina que percorria a perpendicular à linha radial da esfera. A teoria elementar da força dos materiais mostra que, nestas condições, um pequeno defeito inicial dificilmente diminuirá a força da esfera.

NA FORJA

Aqui estamos na imensa loja de forja em Terni. A porta de um dos maiores fornos ergue-se. É tão deslumbrante no começo que nada pode ser visto dentro. Se um vidro defumado é usado, no entanto, um bloco incandescente pode ser distinguido. Uma ferramenta gigante, suspensa de um guindaste, transporta esta massa radiante pelo corredor e coloca-a na cama na imprensa. Agora imagine que esta imprensa exerce 12 mil toneladas, provavelmente a mais poderosa na Europa, se não no mundo, enquanto sua ram, acionadas por três cilindros hidráulicos, diminui lentamente: sob sua pressão, o bloco é comprimido e se alarga. Ao entrar em contato com o ar, uma camada de óxido é formada no bloco de metal: menos quente do que o interior do lingote desmorona sob a ação da prensa e o aço deslumbrante aparece antes de oxidar mais uma vez.

O trabalho não é feito em uma operação. O bloco retorna ao forno várias vezes e permanece lá por várias horas cada vez antes da operação continuar. Ao mesmo tempo, é tão amplo quanto é alto, então mais amplo, tão amplo que o poder da imprensa não seria suficiente para aplainá-lo sobre toda a sua superfície. Outras medidas são recorridas a: a ação de uma grande barra de aço horizontal, unida à face da ram, que sobe e desce, pressionando o bloco em cada descida, enquanto isso gira durante cada subida da ram. A superfície inteira é assim esmagada um pouco a pouco e a peça

assume a forma de um biscoito de 10 pés de diâmetro. Sua espessura, passando do centro para as jantes, vai de aproximadamente 11,80 pol. A 4,70 pol.

O espetáculo é impressionante. Todo esse trabalho não parece exigir nenhum esforço humano. Nós quase não vemos até o capataz, que, sem dizer uma palavra, com alguns gestos de sua mão, ou mesmo com um dedo, dirige sua gangue: cada homem está sempre no lugar certo no momento certo, executando as ações necessárias. De um branco cegante, o bloco dá um calor intenso e os homens têm que ter máscaras para os rostos.

Este biscoito plano deve agora ter uma forma hemisférica. Sob a pressão, colocam sobre quatro blocos um anel de aço com um diâmetro interno de 7 pés. 5 pol. O disco incandescente é colocado sobre ele. Um enorme hiato miserável de um diâmetro de 6 pés 2,8 polegadas, carregado pelo carneiro, desce lentamente, toca o meio do disco e, continuando em seu caminho, o força através do anel: de ser um pires torna-se uma tigela. Ao mesmo tempo, por meio de um fluxo de água, a tigela é arrefecida, de modo que o efeito da deformação é concentrado nas outras partes. Uma vez que todo o disco passou pelo anel, a peça inteira cai sobre a cama da imprensa.

Esta última fase representa a operação mais delicada e impressionante de todo o fabrico. Os diretores dos moinhos, os engenheiros e os trabalhadores que estão momentaneamente livres vieram assistir; Não é todo dia, mesmo em Terni, que um trabalho tão grande e ao mesmo tempo tão delicado é ser visto.

O trabalho da loja de forjamento está terminado. Cada hemisfério tem um peso de 10,8 toneladas, dos quais mais da metade serão removidos por usinagem no torno. Mas primeiro irá sofrer um tratamento térmico que lhe dará o grau de dureza exigido e a homogeneidade necessária e que eliminará, sobretudo, os estresses internos induzidos pela forja.

A peça, então, volta ao forno, onde atinge certa temperatura fixa, com a cor variando através dos vermelhos fracos e uniformemente distribuídos. É então mergulhado lentamente em um banho de óleo quente, depois que é colocado de volta em um forno em que a temperatura pode diminuir gradualmente de acordo com um plano bem estabelecido. Esta operação deve dar ao aço a sua dureza final, mas um grau de maleabilidade que facilita a usinagem no torno, pois o torno irá retirar cinco toneladas de material de cada hemisfério sob a forma de aparas. Não é até pouco antes da última usinagem e do último polimento no torno de que um novo tratamento térmico com um novo temperamento dará ao aço exatamente o grau de dureza exigido para sua finalidade. (A placa VI ilustra o trabalho na loja de forja).

VERIFICAR O MATERIAL

Embora o metal usado e seu método de fabricação nos levem a esperar uma qualidade perfeita, a prudência ainda insiste que devemos garantir a qualidade por cheques muito pequenos. Assim, durante a usinagem, tiramos pequenos espécimes que foram posteriormente examinados no laboratório. Todos os resultados foram muito satisfatórios. A cabine, quando finalizada, aparada e polida brilhava como uma bola de prata. O menor defeito superficial teria sido flagrante. Nesse ponto, não havia motivo para a ansiedade. Mas o tratamento térmico proporcionou a dureza desejada em todo o hemisfério? Este é o lugar onde o teste Brinell entra. Antes da última operação de usinagem, uma pequena área da peça é polida, e é colocada uma bola de aço temperado que é feita para penetrar ligeiramente o metal com uma pressão bem determinada. A bola é retirada e, no microscópio, o diâmetro da marca que a bola deixou foi medido: se for muito grande, o aço não tem dureza; Se é muito pequeno, é porque o aço é muito difícil; Se as bordas são irregulares, o metal é quebradiço. A verificação é feita em um

grande número de lugares distribuídos em toda a superfície da cabine. É conclusivo. Sabemos agora que as superfícies internas e externas da nossa cabana são feitas de um aço que atende aos nossos requisitos. Mas é o mesmo verdadeiro do interior da massa? A partir deste ponto de vista, devemos ser tranquilizados por verificações radiográficas e ultra-sônicas, que discutiremos em detalhes abaixo. (Consulte a Parte 4, página 166.)

O LIMITE DE PROFUNDIDADE

Qual a profundidade da nossa cabine sem perigo? A partir de cálculos e testes com um modelo, os resultados mostraram que provavelmente seria esmagado em torno de 9 ou 10 milhas. Isso, naturalmente, não significava que ele poderia suportar uma profundidade de 8 milhas, se tal profundidade pudesse ser encontrada.

Sabemos, de fato, que qualquer peça de metal pode sempre, por falta de homogeneidade ou devido a alguma tensão interna, ceder a tensões menores que a força máxima calculada. É a província do engenheiro, e sozinha, para resolver a carga que pode ser mantida sem riscos anormais. Por minha parte, considerava que as profundidades de até $2\frac{1}{2}$ milhas podiam ser alcançadas praticamente sem qualquer perigo por nossa cabine, visto que tinha sido feito de aço forjado de melhor qualidade. Eu deveria ter sido muito menos categórico se tivéssemos lidado com uma cabine em aço fundido.

Para descer mais fundo, seria necessário realizar ensaios com o batiscafo vazio, isto é, para instalar um piloto automático no Trieste como fizemos para o FNRS 2. Já possuímos os instrumentos necessários. No momento em que o batiscafo atingiu a profundidade pretendida, dois medidores de pressão, independentemente uns dos outros, cortariam a corrente alimentando as válvulas magnéticas e, assim, iniciariam automaticamente a subida. Se, por qualquer razão, o batiscafo descansasse no fundo antes de atingir a profundidade pretendida, dois pedaços de mecanismo, independentemente uns dos outros, cortariam a corrente às válvulas magnéticas, após certo tempo definido. Finalmente, se ocorreu um vazamento e entrou a água salgada na cabine, fecharia um circuito elétrico e, por meio de um servo-mecanismo, cortaria a corrente às válvulas magnéticas.

Esses testes vazios aumentariam a segurança. A indústria moderna, que faz grande uso deste método, geralmente os faz com sobrecargas de 50%. Conheço apenas um caso em que o teste vazio é impraticável: é o de barragens para sistemas hidroelétricos. Mesmo que fosse possível, exigiria a evacuação de centenas de milhares e em certos casos de milhões de habitantes. Normalmente, os submarinos militares não são submetidos a ensaios vazios. No entanto, seria fácil de consertar sob o lastro do casco para ser descartado automaticamente para o mergulho experimental.

Qual é a profundidade que o Trieste poderia alcançar depois de ter sido executado através de mergulhos vazios? É impossível dizer com precisão: depende do objetivo do mergulho e, sobretudo, do risco que a equipe concordou em tomar. Quanto a mim, estava disposto a descer até $3\frac{3}{4}$ milhas sem medo, não vencer um recorde, mas fazer observações, cujo valor científico seria reconhecido de antemão.

Se fosse desejado sistematicamente explorar as grandes profundidades, seria necessário construir uma cabine ainda mais forte, isto é, mais pesada (e, conseqüentemente, com um flutuador maior), ou de menor diâmetro.

CABEÇA COMPLETADA

Nossa cabine tem as mesmas dimensões do que o FNRS 2 e o FNRS 3: diâmetro interno, 6 pés. $63\frac{3}{4}$ pol. (2 m.); espessura da parede, $3,543$ polegadas (9 cm), aumentada para $5,9$ polegadas (15 cm) em torno da vigia e da porta; Diâmetro do assento do poro, $3-94$ pol. (10 cm) no interior e $15,75$ pol. (40 cm) no lado de fora. A janela é um cone de plexiglas das dimensões exatas desta abertura. O orifício tem um diâmetro de $16,9$

pol. (43 cm) no interior e aumenta gradualmente para 21,65 polegadas (55 cm) no exterior, onde é fechado por uma porta de aço sob a forma de um cone truncado. No centro desta porta é colocada a segunda viga em plexiglás, idêntica à outra.¹

A Fig. 3 mostra uma seção da cabine (sem as juntas). Aqui se vê dois hemisférios; no centro de um é colocada a vigia principal de observação, no centro da outra a porta com a segunda viga. O eixo de simetria que passa pelo centro destas duas aberturas faz um ângulo de 18° com a horizontal. A porta se abre obliquamente em direção ao topo da antecâmara e a vigia principal, portanto, fica obliquamente para baixo. Doze buracos entediados na parede ao redor da vigia principal permitem a passagem dos cabos e tubos, que serão descritos no devido tempo.

A PORTA

A porta, cujas dimensões são dadas acima, pesa 352 lb. e sua operação apresenta algo de problema. No início, eu tinha previsto um sistema de deslizamento com controle hidráulico, em vez de uma porta de tubo de Londres. Este sistema era bastante complicado para nós. Depois, o engenheiro, o Sr. Flagiello, sugeriu uma dobradiça com um eixo horizontal permitindo que a porta fosse aberta para baixo. Como eu ainda não estava completamente satisfeito com essa idéia, eu decidi colocar a dobradiça lateralmente, seu eixo fazendo um ângulo de 18° com a vertical. Com este arranjo, a porta se abre para o lado, obstrui a passagem menos do que se abrir para baixo e é operada com mais facilidade. Tinha medo no início de que a dobradiça impedisse a porta quando fechada de se instalar com a precisão necessária em seus assentos cônicos, mas uma ligeira manipulação da dobradiça superou essa dificuldade. A resistência que a porta oferece à manipulação é nula em uma posição aberta. Alcança seu máximo quando fechado e este máximo é um terço do máximo que seria necessário para uma porta com eixo horizontal ($\sin 18^\circ = 0,30902$). Mesmo reduzido a um terço, essa resistência ainda seria grande demais para permitir que a porta seja aberta com uma mão.

É por isso que também colocamos uma mola de torção ao redor da dobradiça. O princípio desta primavera é explicado no Apêndice e, de fato, permite que a porta seja aberta e feche-se com facilidade com uma mão. Um anel de borracha que é pressionado automaticamente contra a junta da porta, logo que esta é fechada, garante a estanqueidade.

Para que a porta permaneça bem fechada, mesmo que a pressão externa da água seja leve, um pequeno parafuso colocado em frente à dobradiça mantém-a na posição. Este método de fechamento nos deu satisfação completa. Permitiu uma abertura e fechamento muito rápidos e não exigiu o grande esforço que era necessário fechar a porta do FNRS 3. Além disso, um poderia, para atravessar o poço de visita, usar toda a largura da abertura, da qual o diâmetro era 16 -9 polegadas, enquanto na cabine do FNRS 2 e o FNRS 3 era geralmente necessário deixar no lugar o anel de fechamento, que é apenas de 14 a 56 cm de diâmetro interno e que, para certas pessoas, fez entrar e muito mais difícil.

Após o mergulho, pode acontecer que a porta adote as paredes gordurosas. Foi facilmente desencaixado por meio de outro pequeno parafuso colocado ao lado do primeiro.

¹ *Esses vigias são idênticos aos do FNRS 2 e do FNRS 3. No Apêndice serão encontrados detalhes sobre a elaboração do projeto.*

JUNTANDO OS HEMISFÉRIOS

A Fig. 10 mostra como os dois hemisférios a e b estão unidos. Para a borda de cada um deles é unida uma espécie de flange: os dois flanges são apertados juntos por meio de dois anéis g e h que são eles próprios rebitados e soldados entre si. A centralização exata é assegurada por um pino circular / que entra em duas ranhuras usinadas nos flanges. Uma banda de borracha c isolada termicamente por uma camada de amianto d, colocada sobre a articulação e esticada levemente ao redor dos dois hemisférios, funcionando como uma autoclave, garante um selo perfeito.¹ Como precaução,

¹ De muitos pontos de vista, teria sido mais simples dar espaço suficiente às flanges para permitir que fossem fixadas diretamente por parafusos e rebites. No entanto, para os produtos de fabricação, desistimos dessa solução, que também exigiria uma acumulação de material prejudicial à distribuição uniforme das tensões.

no interior dos anéis, a fenda entre o anel e a superfície esférica da cabine estava empacotada com chumbo. Quando acabou, a junção nunca vazou.

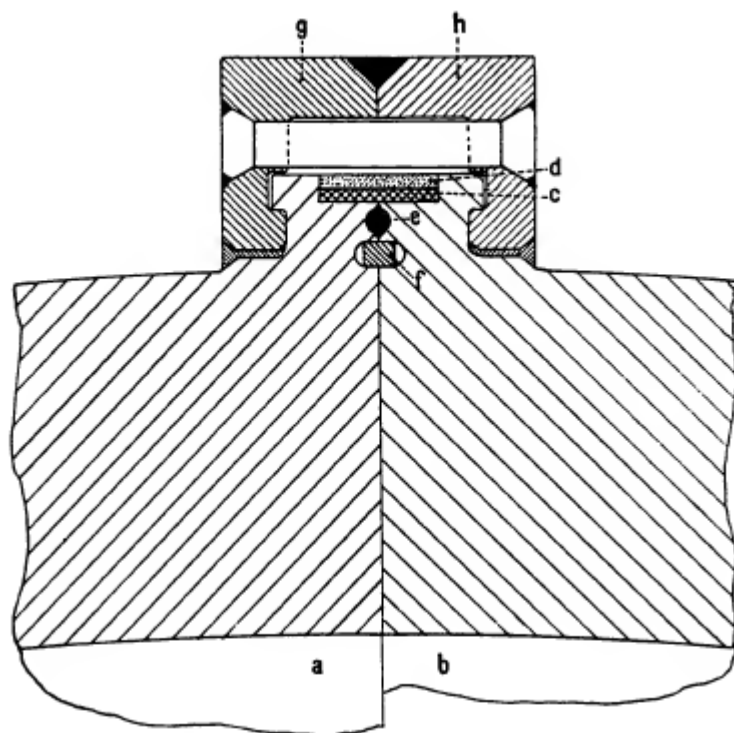


Fig. 10. O Trieste. Juntando os dois hemisférios da cabine

ABERTURAS PARA CABOS E TUBOS ATRAVÉS DA PAREDE

A passagem dos cabos e tubos através da parede da cabine levantou problemas difíceis. Um número de fios de cobre finos teve que conduzir a corrente elétrica para vários instrumentos colocados fora da cabine: válvula magnética e eletroímã para o balastro; telefone, rádio, tacômetros e algumas pequenas lâmpadas elétricas. Os projetores, os motores e, como originalmente planejado, os acumuladores exigiam condutores de seção transversal bastante grande. Além disso, era necessário um tubo para conectar o manômetro com a pressão de água externa; e outro para o ar comprimido que devia expulsar a água do poço de entrada. Por último, dois tubos de Schnorkel, com seção transversal suficientemente grande para fornecer ventilação para a cabine quando o batiscafo estava na superfície. Essas aberturas tiveram que cumprir duas condições.

Primeiro, a pressão não teve, em nenhum caso, a capacidade de conduzir a conduta no interior da esfera. A uma profundidade de $2\frac{1}{2}$ milhas, a água entraria a uma velocidade de 92 pés por segundo com um fluxo de 26 galões por segundo. A tripulação, mesmo que não atordoada pela água de jorrar, sucumbisse à pressão em menos de setenta segundos. Em seguida, as condutas tinham que ser perfeitamente estanques, acima de tudo onde nós possuíamos cabos elétricos, todos os curtos teve que ser absolutamente evitados: este era um perigo particular porque, sob pressão, a água do mar sempre tende a entrar nos isoladores.

Todos esses problemas foram ainda mais complicados pelo fato de que o número e o diâmetro dos orifícios que atravessavam a parede eram limitados por considerações quanto à força da cabine. Pudemos perfurar uma dúzia de furos ao redor da vigia, exatamente onde a espessura da parede era de 5,9 polegadas. Como é mostrado na Fig. 3, o diâmetro de uma abertura b, começando na superfície externa da esfera, foi de 1,97 polegadas ao longo de um comprimento de 1,57 pol. e depois cônico para um diâmetro de 0,79 polegadas à medida que foi para dentro, a junção dos dois diâmetros sendo efetuada por uma peça cônica. Para cada uma das diferentes aberturas, foi necessária uma construção separada com testes laboratoriais, com um modelo.

Os detalhes técnicos complementares são fornecidos no final deste livro. Este novo design das aberturas nos permitiu trazer diretamente para a própria cabine os grandes cabos de pirotenax, com um diâmetro externo de 0,63 pol., Do qual o núcleo tinha um diâmetro de 0,45 pol. Carregando as correntes mais pesadas. Assim, pudemos passar sem os relés que, colocados fora da cabine em recipientes cheios de óleo, causaram algumas dificuldades no FNRS 2 e no FNRS 3.

2: Equipamento da cabine

RESTAURANDO O AR

O problema surgiu como evitar que o ar fique enrolado no espaço restrito em que devíamos viver por muitas horas. Tivemos que ter uma instalação que purificasse o ar e substituísse o oxigênio consumido.

O organismo humano consome oxigênio e dá dióxido de carbono e vapor de água: esta é a principal ação de nossa respiração. (Ao mesmo tempo, o corpo humano libera, por meio dos pulmões, pequenas quantidades de matéria orgânica chamada antropotoxinas, sobre a importância de que as opiniões diferem. Podem ser absorvidas por meio de carbono ativo.)

A quantidade de oxigênio necessária para um homem depende de muitas circunstâncias: enquanto descansa, o consumo é de aproximadamente 0,35 pintas (0,21) por minuto. Se o nosso nutriente contenha carboidratos exclusivamente, o volume de dióxido de carbono emitido seria igual ao volume de oxigênio absorvido, seguindo a equação $C + O_2 = CO_2$. As substâncias gordurosas, no entanto, contêm quase o dobro do número de átomos de hidrogênio como de carbono e a combustão do hidrogênio absorve o oxigênio, produzindo não dióxido de carbono, mas vapor de água. O resultado é que, por 0,35 litros de oxigênio consumido por minuto, um homem só expõe sobre o, 317pints (0,181.) De dióxido de carbono. Eu devo esses detalhes aos especialistas do estabelecimento "Draegerwerk" de Lubeck, que construiu o aparelho de aeração do balão estratosférico, um aparelho que depois instalou no FNRS 2: foi entregue à Marinha Francesa ao mesmo tempo que o cabine. Para o Trieste, o mesmo fornecedor

me apresentou um novo aparelho. Aqui está o princípio disso; O oxigênio contido sob pressão em uma garrafa de gás é liberado através de um injetor, elimina o ar ambiente e o conduz de volta através de cartuchos contendo soda-lima que absorve todo o dióxido de carbono; O ar, assim regenerado e enriquecido com oxigênio, volta para a cabine: é o que se chama aparelho de circuito fechado. Se a ingestão de oxigênio for regulada para 2,64 pintas (1,51) por minuto, o aparelho purifica 12,77 galões (581) de ar ao mesmo tempo. Se os dois ocupantes da cabine emitam 0,63 pintas (0,361.) De dióxido de carbono por minuto, a concentração desse gás alcançará gradualmente 0,62%. Agora sabemos que 1% deste gás é bastante inócuo; uma pessoa só começaria a ser afetada em 2%. Nosso aparelho era, portanto, mais do que satisfatório para os dois ocupantes planejados desde o início: permitiria a presença de três pessoas sem dificuldade.

Poderíamos, se necessário, reduzir a ingestão de oxigênio. Com 1,76 pintas (11) por minuto, por exemplo, a quantidade de ar regenerado seria de quase 9 litros por minuto e a concentração do dióxido de carbono aumentaria em graus para 0,85%.

Em qualquer caso, o aparelho forneceria mais oxigênio do que dois homens consumiriam e a concentração desse gás aumentaria pouco a pouco. No balão estratosférico que não tinha importância, pois o excesso de ar sempre podia escapar e, na cabine, poderia até estabelecer uma pressão menor que uma atmosfera. No batiscafo, o excesso de oxigênio deve ser remediado de outra maneira. Isso foi muito simples: assim que o oxigênio se tornou em excesso, fechamos a garrafa deste gás e o ar foi enviado através dos cartuchos alcalinos por meio de um ventilador elétrico. Sua taxa de alimentação era de 52,8 litros por minuto, tinha que operar apenas um quarto do tempo durante o qual a garrafa de oxigênio estava fechada.

De passagem, pode-se notar que, contrariamente a uma opinião comumente realizada, é muito mais importante absorver o dióxido de carbono do ar do que adicionar oxigênio a ele. E quanto ao vapor de água? Um homem expulsa dos pulmões em vinte e quatro horas cerca de 2 lb de água: a quantidade de água fornecida pela transpiração depende muito das circunstâncias, mas pode chegar facilmente de 2 a mais de 4 libras por dia. A tripulação do batiscafo pode emitir mais de 12 libras de vapor de água em vinte e quatro horas, o que representa 10 litros de vapor de água por minuto! À medida que a parede da cabine do balão estratosférico se tornava extremamente fria no lado oposto ao sol, o vapor de água condensava-se o suficiente. No batiscafo, no entanto, valeria a pena absorver a umidade por meio de uma substância higroscópica, no presente caso, gel de sílica: esta substância tem a grande vantagem sobre o ácido sulfúrico, o ácido fosfórico e o cloreto de cálcio, que geralmente são empregados em nas circunstâncias, que nunca libera um líquido corrosivo.¹

Circunstâncias imprevistas podem resultar na permanência da equipe na cabine por mais tempo do que o aparelho é capaz de manter a vida, por exemplo, se um dano grave evitou o esvaziamento do eixo de entrada. Nesse caso, o batiscafo teria que ser rebocado até o porto, a gasolina teria que ser esvaziada e o submarino levado para o cais por um poderoso guindaste. E tudo isso antes que os ocupantes pudessem ser libertados. Isso poderia durar vários dias. A prisão seria, sem dúvida, muito dolorosa, mas o desastre seria evitado se a cabine pudesse ser ventilada através da comunicação com o ar exterior. Com isso em vista, nós fornecemos a cabine com dois tubos de Schnorkel

¹ Durante a expedição às Ilhas de Cabo Verde, usei gel de sílica fabricada pela fábrica Uetikon (Suíça). Para o Trieste foi a Baslini Company (Milão) que nos forneceu este absorvente.

pelos quais nos pudemos, usando o ventilador elétrico, montar uma boa ventilação da cabine. A passagem dos schnorkels através da parede da cabine e seu fechamento

durante mergulhos apresentaram bastante problema para a solução. (Veja o apêndice.) Por outro lado, era importante poder controlar a condição da nossa atmosfera. Do ponto de vista da umidade, era muito simples: um higrômetro de cabelo era um indicador suficiente. A quantidade de dióxido de carbono foi indicada por um aparelho elétrico da Siemens que não empregou nenhum reagente. Baseou-se nas variações na condutividade térmica do ar em função do seu teor de dióxido de carbono; um pequeno galvanômetro de agulha indicou a porcentagem deste gás.

Quanto ao controle do oxigênio, isso é, em geral, um assunto complicado. Para evitar o uso de líquidos corrosivos de limalhas brancas de fósforo ou de cobre aquecidas a quente, inventei um aparelho muito simples. Baseou-se no seguinte raciocínio: uma vez que não podemos produzir nem absorver nitrogênio, a quantidade desse gás contém na cabine é constante. Uma vez que a relação de oxigênio com nitrogênio não deve variar, a quantidade de oxigênio contida na cabine também deve ser constante. Se, por enquanto, deixe de lado o dióxido de carbono, devemos exigir que o peso total do ar encerrado na cabine deve permanecer constante. Como a temperatura é variável, um barômetro que mede a pressão não seria suficiente, e deve ser adicionado um termômetro e uma regra de deslizamento. Aqui está o aparelho que substitui esses três instrumentos (Fig. II): um tubo de vidro em forma de U colocado a meio caminho da cabine contém na sua base certa quantidade de mercúrio; um ramo está sempre aberto, o outro é fornecido com um galo que é fechado ao mesmo tempo em que a porta da cabine. Assim, fechado entre o galo e o mercúrio é uma quantidade constante de ar, da qual a temperatura é bem a da temperatura média do ar na cabine.

Assim, se a temperatura variar, a pressão se altera em cada lado do mercúrio na mesma medida sem influenciar a sua posição; mas se a quantidade de oxigênio na cabine aumentar ou diminuir, a pressão na cabine varia e o mercúrio o indica. Assim, o controle do aparelho para a regeneração do ar é muito simples. Está configurado assim que o aparelho Siemens indicar 1% de dióxido de carbono e isto é feito pelo injetor de oxigênio ou pelo ventilador, de modo a manter as duas colunas de mercúrio no mesmo nível. Se o mercúrio surgir no lado fechado do tubo em forma de U, o ventilador está ajustado: no caso inverso, o injetor de oxigênio é colocado em operação. Seria fácil ter em conta a concentração de dióxido de carbono para fazer correções. Mas essa precisão é supérflua.

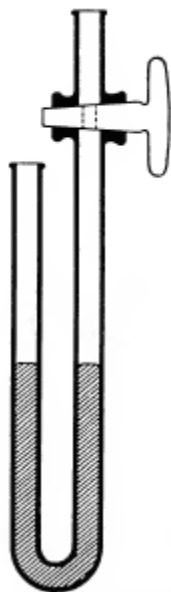


Fig. II. Aparelho que controla a densidade do ar na cabine

MEDIDORES DE PRESSÃO

Embora os medidores de pressão não tivessem uma importância vital para nós, era essencial, no entanto, que eles estivessem em boas condições de funcionamento, pois indicam e registram nossa profundidade. No balão também tínhamos medidores de pressão, mas enquanto estes tinham que medir variações de pressão que nunca chegaram a uma atmosfera, aqueles no batiscafo tiveram graduações que atingissem até 600 atmosferas, o que corresponde a uma profundidade de 33/4 milhas em água doce, e um pouco menos na água do mar.¹

O princípio do indicador de alta pressão é muito simples: o interior de um tubo de aço, curvado em um semi-círculo, o tubo de Bourdon, é submetido à pressão que deve ser medida, no nosso caso, a pressão da água do mar. Se a pressão aumentar, o tubo endireita ligeiramente, e esse movimento é transmitido para a agulha do medidor. O Trieste possui quatro medidores de pressão instalados: uma grande gravação

¹ No momento da construção do FNRS 2, nossos medidores de pressão foram fornecidos pela empresa Haenni (Jegenstorf, Suíça) e depois de terem sido entregues à Marinha Francesa (onde foram utilizados no FNRS 3), a mesma empresa construímos um conjunto de aparelhos melhorados para nós.

em coordenadas ortogonais (um sistema de indicador simples) e um pequeno, cuja agulha se move em torno de um arco de círculo: então, dois manômetros, cada um com uma agulha e contatos elétricos adequados, que atuam no aparelho projetado para liberar o balastro, durante mergulhos em que o batiscafo não é tripulado, mas é operado por um dispositivo automático. Os dois gráficos (Figuras 13 e 14) mostram as diferenças entre o aparelho de gravação. Para o primeiro medidor de pressão mencionado, o tempo lê de baixo para cima; mas enquanto o ponto da agulha de gravação no pequeno descreve o arco de um círculo, o do grande se move em uma linha reta da esquerda para a direita quando a pressão aumenta. Se a velocidade é constante, o bitola traça uma linha curva: a grande, pelo contrário, traça uma linha reta, cuja inclinação depende da velocidade vertical do batiscafo. Está inclinado a 45 ° quando esta velocidade é de 31,4 polegadas por segundo. Isso facilita grandemente a pilotagem do batiscafo e a realização de observações.

Esses aparelhos devem, naturalmente, estar em comunicação com a água do mar; mas a água do mar não deve entrar, pois pode causar corrosão. Na antecâmara encontra-se um vaso cheio de óleo que tem uma pressão igual à da água do mar. Um tubo de aço de diâmetro externo de 0,25 pol. (6,35 mm) e diâmetro interno de 0,072 pol. (1,82 mm) passa desta embarcação para o interior da cabine, onde termina em um distribuidor que, por meio de Os meios de quatro tubos estão conectados com os quatro medidores de pressão. Na boca do distribuidor há um galo de alta pressão. Se um dos medidores de pressão tivesse escapado (o que, na verdade, nunca aconteceu), a tripulação teria que fechar esse galo, desconecte o tubo do medidor defeituoso, aperte uma rolha em seu lugar e reabra o galo: isto Toda operação pode ser concluída em menos de um minuto. Foi a Fiat Company que instalou todas as tubulações na cabine, empregando tubos e sindicatos padronizados na indústria automobilística, onde são utilizados para a injeção de combustível em motores Diesel. É verdade que a pressão de injeção normal dos Diesels é menor que a que se encontra aqui. Mas se compararmos as condições de operação dos motores de caminhões (a variação de pressão que corre a cada segunda rotação do motor de zero para o máximo e vice-versa, onde as vibrações inevitáveis são configuradas) com as do batiscabo onde a pressão máxima é apenas alcançou gradualmente e, na prática, apenas um número limitado de vezes, é claro que toda essa tubagem funcionaria sem falhas no batiscabo.

Estes medidores de pressão, graduados para registrar de 0 a $3\frac{3}{4}$ milhas de profundidade, naturalmente não podem possuir uma grande sensibilidade. Agora, em certos casos, acima de tudo, se o batiscabo estiver próximo à superfície, seria desejável uma sensibilidade muito maior. Assim, para o FNRS 2, inventei e construí um manômetro na qual a altura de uma coluna de

O mercúrio varia em 3 pés para profundidades mudando de 0 para $3\frac{3}{4}$ milhas. Foi tão delicado o suficiente para renderizar variações perceptíveis em profundidade de 3 pés, sendo o deslocamento do mercúrio proporcional à pressão. Este medidor de pressão foi fornecido com o FNRS 2 à Marinha Francesa pelo Fundo Nacional Belga.¹ Como a construção deste medidor é muito dispendiosa e exigiria um bom volume do meu tempo, desisti da idéia de reproduzi-lo. Em vez disso, projetei um pequeno indicador, muito simples e bastante sensível, graduado de uma profundidade de 330 pés. A descrição disto é fornecida no Apêndice.

O TACHOMETRO

Os medidores de pressão certamente nos mostraram a profundidade que tínhamos alcançou, mas isso não foi suficiente. Para fins de pilotagem, é importante determinar a qualquer momento qual é a nossa velocidade vertical. De acordo com as circunstâncias, esta velocidade determina a necessidade de soltar o lastro ou a gasolina. É verdade que a inclinação da linha desenhada pelo medidor de gravação nos permitiu determinar essa velocidade, mas somente após um atraso considerável, uma vez que o papel graduado se move apenas na taxa de $\frac{1}{25}$ in. Por minuto. Vários minutos são necessários para a inclinação da linha gravada a ser observada. Este é muito longo. Exatamente o mesmo problema ocorre com o balão livre e dois instrumentos foram construídos para medir sua velocidade vertical - o variômetro e o anemômetro de palheta ou indicador de vento. O variômetro não pode ser utilizado em um batiscabo. Mas o anemômetro de palheta pode ser empregado quase como está (Fig. 12). Consiste em um ventilador de lâmina h

¹ Não tenho a certeza de que ainda seja usado, o princípio variando muito da norma.

movimento do balão começa a girar e esta velocidade de rotação é proporcional à velocidade do balão. No caso do batiscafo, surge uma pequena dificuldade: se alguém quiser observar as palhetas diretamente, o anemômetro deve ser colocado debaixo do flutuador, na vizinhança da vigia; mas nesta posição a água está tão agitada pela lavagem que, quando estamos subindo a uma velocidade de 3 pés por segundo, vemos, flutuando na água, pequenas partículas que se movem para cima e para baixo sem que possamos distinguir se o batiscafo está subindo ou descendo. Para evitar esses redemoinhos, montamos nosso anemômetro no topo da torre e a 3 pés de distância de

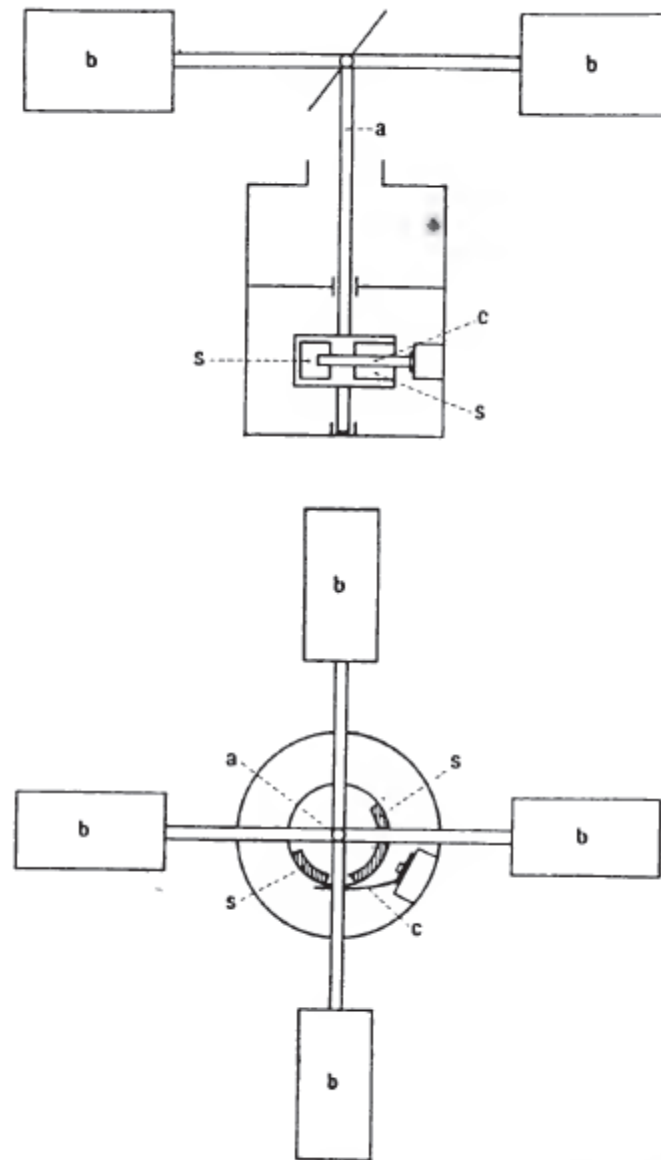
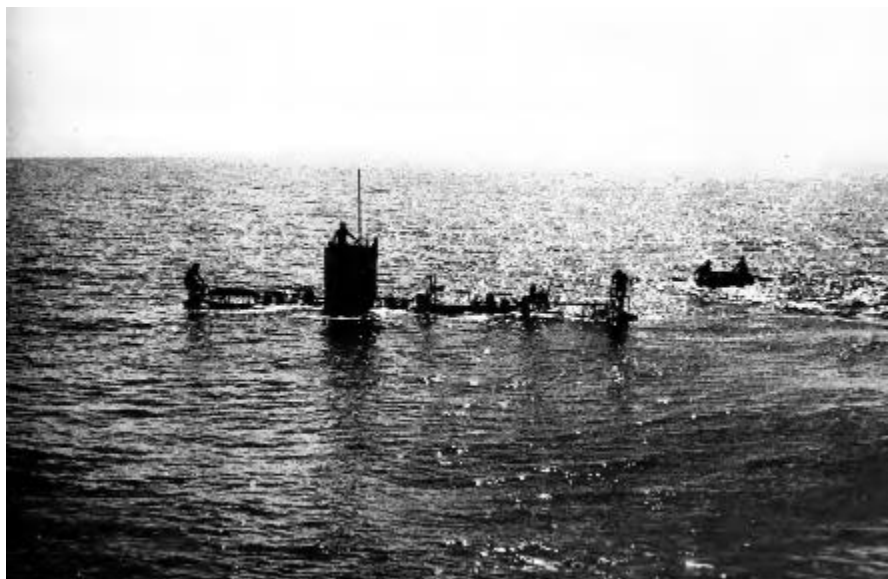


Fig. 12: Anemômetro de palheta para medir a velocidade vertical do batiscafo

o lado. Nessas circunstâncias, era impossível observar o anemômetro de palheta diretamente, e então tinha que transmitir seu sinal de forma elétrica. Isso foi bastante simples: na base do eixo do anemômetro (ver Fig. 12), montamos um cilindro de material isolante sobre o qual foram colocados dois segmentos metálicos s s (um curto e um longo) para que um



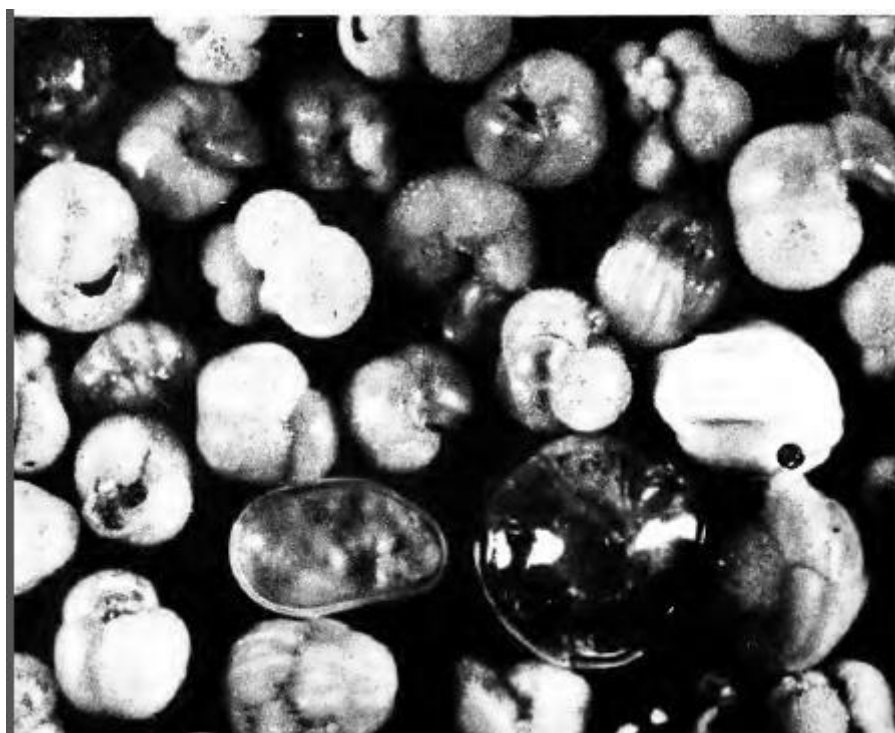
Placa XII O Trieste de Capri



Placa XIII Capri. O Trieste no início de seu mergulho para 594 braças



Placa XIV Alguns sedimentos do fundo do mar depositados em uma carcaça de metal sob a vigia após o mergulho de Capri



O exemplo da placa XV do sedimento mostrado na placa XIV, ampliado grandemente.
O diâmetro das partículas varia de 0,1 a 0,2 mm.

escova e esfregando contra o cilindro deu em código Morse o sinal a (• - - - • -) quando o batiscafo estava subindo e n (- • - - •) quando estava indo para baixo. Estes sinais foram transmitidos para a cabine e uma provocação luminosa indicada para a direção e velocidade de nosso movimento, cada revolução do anemômetro correspondente a uma altura determinada. Tivemos, portanto, um verdadeiro tacômetro (um indicador de velocidade do tempo). Para que não seja

perturbado pela condutividade de a água do mar, a base do nosso eixo com seu cilindro de rolamento de segmento foram colocados em um pequeno recipiente contendo triolina.

A ILUMINAÇÃO INTERIOR DA CABINE

A instalação da iluminação é mais importante do que seria pensado à primeira vista: a todo custo, tivemos que evitar que o observador se deslocasse.

Lembro-me de uma excursão durante a qual, em um dia de luz solar brilhante - foi em 19 16 - penetrei numa gruta da Montanha do Jura em Vaud, na Suíça. Eu realmente tinha uma bússola com uma agulha luminosa; mas sem brilhar minha lâmpada flash, não consegui observá-lo: minha retina manteve uma "memória" da luz do dia. Lembrei-me deste episódio quando instalei a iluminação interna da cabine: a maioria dos animais fosforescentes não é mais brilhante do que uma brisa compassiva luminosa.

Distribuí no topo da cabine seis pequenas lâmpadas incandescentes, iluminando apenas o teto pintado de branco e conseguindo um sistema de iluminação indireta que parecia bastante atualizado. Cada lâmpada tinha seu próprio interruptor. Uma das lâmpadas era de trinta watts: as outras cinco de 5 watts. Em nossa pequena cabana, onde quase todos os instrumentos eram pintados de branco, uma lâmpada de 5 watts seria bastante suficiente para que os ocupantes vejam claramente. Para realizar uma operação delicada, as seis lâmpadas teriam que estar acesas ao mesmo tempo. Para a observação do exterior, geralmente todos deveriam estar afastados.

Nós também possuímos grandes lâmpadas de flash independentes para lançar uma luz brilhante em uma área pequena. Eles seriam valiosos em caso de quebra da corrente elétrica - o que, no entanto, nunca ocorreu.

Durante o mergulho de Capri, em um momento eu soltei minha lâmpada de flash, e encontrar-me em completa escuridão colocou-a em uma pequena prateleira ao alcance. Como a má sorte teria, isso aconteceu com a bateria de acumuladores que controlavam o lastro! Imediatamente surgiu uma chuva de pequenas faíscas e ouvimos o crepitar de um curto-circuito. Isto é Fácil imaginar com que rapidez eu coloquei minha tocha novamente! Felizmente, o caso metálico da minha tocha de bolso tinha apenas curto-circuito uma ou duas das vinte e quatro células da bateria. Mas foi um momento ansioso. Se a bateria tivesse sido completamente curto-circuito, nosso balastro teria sido liberado e devemos ter subido à superfície sem ter atingido a profundidade desejada.

ILUMINAÇÃO EXTERNA

Queríamos observar o mundo submarino. Tínhamos, portanto, de poder usar um sistema de iluminação externo o mais poderoso possível, especialmente quando queríamos tirar fotografias. Como devemos organizar o projetor?

Não devemos esquecer que a água do mar nunca é perfeitamente transparente. Nós falamos que a água é "perfeitamente transparente" quando a visibilidade se estende para 60 jardas.

Deixe-nos deixar o mar por um momento, e imagine-nos em um carro em um nevoeiro espesso. Durante o dia, podemos distinguir o esboço de uma casa a 60 metros de distância. Então a noite acende-se, e quando ligamos os faróis, o alcance da visibilidade é reduzido a alguns metros. Em seguida, entramos em uma cidade. Aqui as lâmpadas de rua são colocadas em cada lado da rua. Se colocarmos nossos faróis, nossa gama de visibilidade aumenta ao mesmo tempo e podemos ver a rua a uma boa distância à frente. Podemos tirar uma conclusão importante: os holofotes do nosso batiscafo não devem ser colocados dentro da cabine: eles devem ser suspensos do flutuador de tal forma que o fluxo de luz atravessará nosso campo visual em um cone estreito, fazendo um ângulo

com a nossa linha de visão que, tanto quanto possível, se aproxima de 90 °. Assim, todos os objetos que entram na zona iluminada parecerão estar brilhando contra um fundo escuro. Assim, temos em grande escala o que no laboratório se chama iluminação ultramicroscópica.

Nosso arranjo apresenta outra vantagem que não é insignificante: se um objeto aparecer na zona iluminada, nós sabemos de uma só vez em que distância é e isso nos permite estimar suas dimensões reais. Cada projetor está equipado com uma lâmpada de 1000 watts que, muito sobrecarregada, pode em pouco tempo desenvolver uma intensidade de iluminação de quase 60.000 lumens.

Não devo gastar muito tempo explicando em detalhes a construção dos projetores.

Suflice dizer que eles foram equipados com lâmpadas incandescentes especialmente fabricadas pela Philips e protegidas contra a pressão externa por fortes casos de aço.

Para não alcançar proibitivas dimensões, bem como peso, tivemos que usar lâmpadas especiais muito menores do que as normalmente necessárias por um filamento de 1000 watts. Isso obrigou-nos a preencher os casos com água para obter um resfriamento suficiente da lâmpada. O caso foi fornecido com uma pequena janela de plexiglás e um refletor elipsoidal concentrou a luz nessa janela. Então, um segundo refletor, parabólico, concentrou a luz em um pequeno feixe cônico.

Finalmente, assim como os projetores, organizamos na parte externa da cabine algumas pequenas lâmpadas incandescentes de 35 watts.

O FORNECIMENTO DE ELECTRICIDADE

Tivemos que ter uma fonte de energia elétrica para operar nossos equipamentos, como o ventilador, as pequenas lâmpadas, o tacômetro, o aparelho sem balas e, em particular, as engrenagens de direção e as flutuações. No início, tencionávamos ter uma bateria de chumbo-ácido de 14 células e 900 amperes-horas, que nos foi dada pela Hensemberger. Pesava 2640 libras e, conseqüentemente, era pesado demais para ser colocado na cabine. Por isso, colocamos no convés do batiscafo, em um vaso grande cheio de gasolina.

Como devemos nos arrepender, o sol da Itália não é uma benção sem mistura. Deitado no porto de Castellammare, a bateria estava superaquecida em tal ponto que seus frascos de células de polietileno foram afetados. Como não havia tempo suficiente para fazer novos frascos de células de polietileno, substituímos temporariamente esta bateria grande por uma bateria menor colocada na cabine. Foi poderoso o suficiente para operar todos os nossos aparelhos de iluminação, mas o tempo durante o qual poderíamos operar os motores e projetores, que levaram uma grande quantidade de corrente, foi reduzido.

Para a nossa próxima empresa, a Hensemberger nos forneceu novas células em prata-zinco. Fornecendo a mesma energia, eles levam uma quarta parte do espaço e são apenas um quarto do peso. Conseqüentemente, poderíamos carregar as baterias da mesma capacidade que no começo tiveram que ser colocadas no exterior. Isso tornou muito mais fácil. Essas células podem ser carregadas na cabine, uma vez que distribuem muito pouco gás e não são corrosivas, sendo isentas de ácido sulfúrico. Eles não são afetados se estiverem completamente caducados e não é necessário recarregá-los assim que forem descarregados. Este foi um grande ativo para nós. Tivemos também uma pequena bateria de chumbo-ácido colocada na cabine para fornecer o aparelho sem balas: isso era necessário para evitar a perda de lastro e banheiras, mesmo que a bateria principal estivesse completamente descarregada, como poderia durante as observações se os holofotes e os motores foram operados por muitas horas.

DISPOSIÇÃO INTERNA DA CABINE

A cabana do Trieste foi disposta da mesma forma que a do balão FNRS e também do FNRS 2.

Na parte inferior da cabine, um anel de alumínio com um diâmetro de 47 polegadas serviu de base. Neste anel havia seis montantes de alumínio de 1,18 polegadas de seção quadrada e 23,6 polegadas de espessura: eles suportaram um segundo anel do mesmo diâmetro que o primeiro, que chegou bastante perto do topo da cabine. O conjunto formou uma gaiola rígida. Para segurar isso no lugar, a parte superior deve ser encravada no topo da cabine. Mas um detalhe importante da construção entra nos cálculos de alguém neste momento.

Se a cabine descer para $2\frac{1}{2}$ milhas, a pressão externa faz com que todas as suas dimensões diminuam. O diâmetro diminui em 0,065 pol. E os dois anéis, que estão separados por 5 pés 3, seriam aproximados em 0,0475 pol., se ambos estivessem tocando na cabine. Além disso, no fundo do mar, a temperatura do corpo da esfera será menor do que quando foi ajustada, enquanto a temperatura interna não cairá tanto. Se, por exemplo, a diferença de temperatura entre a cabine e os montantes fosse de 45°F , os montantes seriam apertados na ordem de 0,176 polegadas. Em suma, o efeito seria que a esfera forçasse os montantes de 0,065 pol. A consequência disso não seria que eles quebrassem, mas eles ficariam curvados ou se dobrariam de lado. É bastante simples calcular o quanto eles se curvam; A deflexão lateral, de fato, seria de 1,1 pol. a meio caminho dos montantes. Para evitar isso, eu coloco fortes molas de aço em uma carcaça entediada na parte superior de cada vertical, para forçar peças de metal contra a cabine com uma força de 110 lb para cada vertical. As tiras de borracha colocadas entre esses pedaços de metal e a cabine, bem como um anel de borracha alojado entre o anel inferior e a base da cabine, produziram tal fricção que toda a gaiola do centro, embora livre para expandir ou contrair, foi, no entanto, mantido rígido.

No anel inferior, um pedaço de alumínio de folha formou o chão. O espaço livre entre este andar e o fundo esférico da cabine era de 7,87 polegadas de altura no centro: denominamos a adega. Um alçapão deu acesso a ele. Este espaço não foi desperdiçado, como usamos para armazenar os recipientes de reserva de álcalis e as garrafas de ar comprimido, que eram necessárias para esvaziar o eixo de entrada após cada mergulho. O observador Observar a porta da porta também ficou satisfeito com esse espaço, pois tornou sua posição um pouco mais confortável: aumentou a altura relativa de seu assento. Além disso, depois de estar calada na cabine por muitas horas, a equipe estava feliz em poder endireitar-se completamente: o diâmetro total da cabine era apenas o suficiente para permitir que meu filho estivesse de pé.

Todo o espaço acima do chão estava disponível para a equipe. Como os apoios das prateleiras da biblioteca, os montantes tinham furos espaçados de uma polegada de distância: nestes eram suportes fixos que se destacavam em direção às paredes da cabine e suporte prateleiras de alumínio sobre os quais os diferentes instrumentos foram corrigidos. Por este meio, a altura das prateleiras pode variar de acordo com as diferentes alturas do aparelho. Toda a instalação foi realizada pelo Instituto Volta em Trieste, em ligas de alumínio apresentadas pela Lavorazione Leghe Leggerre, Porto Marghera (Veneza).

4: desligado para Castellammare di Stabia

Não basta simplesmente construir um batiscafo. Ainda deve ser encontrada uma base adequada para expedições submarinas e uma fornecida com oficinas, com, claro, seus diretores e seus engenheiros. O Norte do Adriático foi excluído: falta a profundidade necessária. A Marinha italiana sugeriu os estaleiros da Navalmeccanica em Castellammare di Stabia - um pequeno porto situado na parte sul do Golfo de Nápoles, de frente ao Vesúvio, ao pé do Monte Faïto. Encontram-se juntos a atividade do norte da Itália e o conhecido charme do sul da Itália.

Foi lá que a cabana e o flutuador tiveram que ser levados. Como o último foi transportado de Trieste para o Golfo de Nápoles? Se as taxas de frete, calculadas nos 4238 cu. (120 metros quadrados) do flutuador, não tinha sido exorbitante, e se tivéssemos encontrado um barco de carga fazendo a viagem no momento certo, deveríamos ter escolhido a rota marítima. Segunda possibilidade: lançar o flutuador e tê-lo rebocado por um pequeno barco a motor, dobrar a península, mantendo-se no mar de Corcyrus, depois entre Scylla e Charybdis, para chegar ao Golfo de Nápoles, a habitação nativa de Polifemo. Mas Ulysses já havia feito o experimento: o mar pode ser hostil nessas latitudes.

Desistimos da idéia do transporte marítimo.

As dimensões do flutuador tornaram o uso do caminho-de-ferro fora da questão.

Permaneceu a estrada.

Nós procuramos algum tempo para uma empresa que tinha os meios à sua disposição e daria as garantias desejadas. Um dia, dirigindo pelas ruas de Milão no nosso carro, meu filho e eu de repente vimos na frente de nós um transformador gigante em um trailer, sendo rebocado por um caminhão poderoso. Passamos, deixamos passar-nos; fizemos isso várias vezes. Armazenagem e empacotamento do transformador, tudo nos inspirou confiança. Tomamos nota do nome da empresa, 'Pejrani, Turin'. Seguiu-se uma troca de cartas, depois uma viagem a Turim: por mais caros e difíceis do trabalho, Pejrani disse que não tratariam isso como uma transação comercial, pois era uma questão de pesquisa científica. Se pagássemos pela gasolina e pelo imposto policial, a Pejrani cobrava despesas gerais. Nós aqui desejamos agradecer a esta empresa pela sua valiosa assistência.

Entre Monfalcone e Castellammare di Stabia, as estradas atravessam estacas com pontes que limitam a altura de uma carga a 13 pés. 2 pol. No trailer abaixo, o casco com seu diâmetro de 11 pés 6 polegadas simplesmente seria limpo. Mas na parte superior do flutuador havia a superestrutura à qual corrigimos os eletroímãs, a máquina de conexão, bem como o dispositivo que o guindaste agarra cada vez que o batiscafo é lançado; enquanto, abaixo do flutuador, havia as chapas metálicas para as quais a cabine deveria estar presa. Tudo isso aumentou a altura total. Se o flutuador pudesse ser girado por um ângulo de 90 ° para descansar do lado, não haveria dificuldades com a altura: mas seria muito grande para as estradas.

A Fig. 7 mostra que nós limitamos as dimensões de todas essas peças, de modo que, se o flutuador estiver inclinado a 45 °, eles estão todos contidos em um quadrado de 11½ pés. Assim, colocado no reboque, não excedia a altura de 13 pés, 2 in., Nem largura de 1,2 pés a 6 polegadas.

Foi assim que, no início de janeiro de 1953, o flutuador começou sua longa viagem. Atravessou à costa do Adriático e rodeou Veneza, virou-se para o sul, atravessou os passes dos Apeninos nevados, desceu a costa oeste e chegou a salvo em Castellammare.

A jornada inteira foi feita a uma velocidade de 9,3 km por hora, acompanhada pela polícia tradicional do ciclo motor que vigiava sua segurança e que de outros usuários da estrada. Toda a viagem durou onze dias. No caminho, encontrou outra quantidade complicada: a fuselagem de um avião, também inclinada a 45 °. Nas ruas de Castellammare, a população assistiu este misterioso motor com interesse. Alguns adivinharam de uma vez que era um novo submarino. Então tivemos que transportar a cabine. Suas dimensões eram tais que poderiam ser carregadas em um caminhão. A partir de Terni, a uma velocidade baixa, também precedeu e seguiu uma escolta de motocicleta, atravessou o campagna romano pelos caminhos antigos. Passou sob a sombra do Coliseu. Os interesses do homem mudaram! Através dos antigos Pântanos Pontinos, de Nápoles e os arredores de Pompéia, ao longo de uma estrada cortada da lava, chegaram às oficinas da "Navalmeccanica". Desta vez, não havia mais mistério e todos esperavam com impaciência. Por uma curiosa coincidência, o transporte foi feito pela empresa Danzas de Basileia, que já havia transportado a cabine do balão FNRS da Desenzano na Suíça. Nesta ocasião, como naquele, ainda temos que ser cobrado.

É assim, em Castellammare, que começamos a montagem das inúmeras partes que juntos formaram o Trieste.

Meu filho, que desde o início organizou todas as operações, tanto na Monfalcone como em Temi, mais do que nunca, manteve as rédeas em suas mãos. O estudo da economia desenvolveu o seu sentimento de síntese. Em suma, se você converte toneladas de trigo em libras esterlinas ou divide centenas de polegadas, o princípio é sempre o mesmo. Primeiro nos quintais e o último a sair, sempre lá quando queria, Jacques sabia manter o contato com o trabalhador como com o engenheiro. Nenhum detalhe lhe escapou. Não era um instrumento, mas passou por suas mãos; nada que não tenha sido sujeito ao seu controle pessoal. Ele conhece o aparelho melhor do que eu. Foi ele quem inspirou todo o entusiasmo que é indispensável na realização de tal empreendimento. Que privilégio para mim ter desta vez esse assistente e poder colocar minha confiança total em sua inteligência, bem como em sua energia transbordante.

5: Os primeiros mergulhos do Trieste

Em agosto de 1953 - o feriado nacional suíço, coincidência do feliz augúrio - as cores foram içadas no Trieste: a bandeira tricolor da Marinha italiana e a cruz branca em um fundo vermelho da Suíça. O batiscafo ainda está na doca em seu berço. O guindaste gigante da 'Navalmeccanica'. as abordagens dos eards e seu poderoso gancho agarra o anel de suspensão do batiscafo.

É costume que um navio seja batizado antes de entrar em contato com seu elemento. Em geral, uma garrafa de champanhe está quebrada em sua proa. Nunca tendo entendido a relação existente entre pedaços de vidro quebrado e um navio para o qual desejamos um futuro feliz, deixei de lado esta parte da cerimônia. Por outro lado, o sacerdote foi bem-vindo, que, perplexo com Trieste com água benta, de acordo com um piedoso costume italiano, coloca-o sob a proteção divina sem a qual todo o trabalho humano é inútil. Então, o guindaste levantou o batiscafo e, rodando ao longo de sua linha ferroviária, o levou para um lugar protegido no porto. Neste momento, uma nuvem de pombos voou do topo da grua e pairava debaixo do Trieste. Este tributo inesperado e encantador foi

preparado para nós pelo motorista da grua, que queria desempenhar sua parte na solenidade do momento. A grua parou, girou e colocou o batiscafo no mar. Como seu casco ainda não continha nada além de ar, flutuava alto na água.

No dia seguinte, os petroleiros 'Esso * chegaram de Nápoles. Uma mangueira foi colocada entre a doca e nosso submarino e 18,920 galões de gasolina passaram para nossos reservatórios. Por que, será solicitado, 18,920 galões quando o flutuador poderia conter 22,660 galões? Porque, no momento em que elaboramos os planos do Trieste, era necessário deixar uma margem de segurança, pois, naquele momento, desconhecemos o que seria a espessura exata das chapas e seu peso. Pode, de fato, haver diferenças entre as chapas metálicas encomendadas e as que são transformadas pelos laminadores. Além disso, tivemos que levar em consideração a possibilidade de que possamos instalar aparelhos mais pesados. Novamente, nós providenciamos o evento em que o batiscafo poderia fazer mergulhos em águas tropicais: em mares quentes a gasolina se expandiria e a possibilidade de formação de vapor não devia ser negligenciado. Finalmente, tivemos que poder, na ocasião, empregar uma gasolina mais pesada, que, para a mesma força de elevação, teria um volume maior. Por todas estas razões, era melhor ter uma boa margem à nossa disposição do que ter um flutuador que era muito pequeno, mesmo por 250 litros.

Agora, tendo todos os fatores em nosso cálculo bem na mão, vimos que 18.920 galões de petróleo eram suficientes para transportar o batiscafo. Começamos então, introduzindo 3740 litros de água no flutuador: que, com os 18.920 galões de gasolina, apenas o encheram.

Se tivéssemos enchido completamente os tanques com gasolina, teria sido necessário embarcar, bem como o balastro avaliado, 4 ou 5 toneladas de lastro de emergência. É verdade que, assim, poderíamos ter dado mais estabilidade ao batiscafo; Mas, na verdade, não havia necessidade disso. Em agosto de 1953, o Trieste poderia finalmente ser submerso. Não foi, propriamente falando, um mergulho. O batiscafo permaneceu rápido para suas amarras e, a profundidade da água sendo apenas 5 braças, a ponta do mastro de bandeira permaneceu à vista. Este teste nos permitiu verificar certas partes e ter dados exatos sobre o carregamento. No dia 13 de agosto, como um novo teste, nós pedimos que nos devolvamos um pouco mais para o meio do porto, onde a profundidade atinge um pouco mais de 9 braças. Lá, também, o experimento se mostrou satisfatório.

Durante esses testes, incluindo aqueles realizados durante o mergulho na Capri, tivemos o prazer de ver conosco uma vez mais Engineer Loser, que a administração dos estaleiros de Trieste gentilmente emprestou, para que ele pudesse mais uma vez nos dar sua valiosa assistência. No dia 14, o rebocador pesado Tenace pertencente à marinha italiana levou o Trieste no reboque e o rebocou para o mar até um ponto em que a profundidade é de 22 braças. Nós escolhemos essa profundidade para que, em caso de necessidade, os mergulhadores pudessem manter contato com a gente. Tenho lembranças tão agradáveis deste primeiro mergulho que eu gostaria de contar com mais detalhes.

O tempo era esplêndido, o mar calmo: um barco a remo levou-me ao Trieste, que meu filho Jacques não partiu durante o breve reboque. Abrimos a escotilha superior do eixo da entrada e descemos a escada que leva ao que chamamos de antecâmara. Estávamos mal a 16^{1/2} pés da superfície: através do grande painel de plexiglás, a água parecia maravilhosamente clara. A luz era bem azul, como na célebre gruta de Capri.

Atravessamos o orifício e fechamos a porta pesada atrás de nós: Jacques pegou o receptor de telefone, conectado por um cabo de 297 pés de comprimento com um barco de borracha na superfície, e deu as instruções necessárias.

Na recepção da cabine foi tão bom que eu podia ouvir o engenheiro Salvio não só falar em seu telefone, mas também retransmitir as ordens:

"A porta está fechada, começa a encher o eixo".

A hidrante do Tenace entrou em ação: a água entrou na fechadura, e logo a janela foi submersa. No final de alguns minutos, as pessoas na superfície nos disseram:

'Eixo cheio'.

No convés eles fecharam a escotilha superior: "Abra as válvulas dos dois tanques de ar". O ar escapou, substituído por 400 cu. de água.

'Você vai se ferrar. O baralho está quase totalmente submerso. "Espere, você parou de descer".

O batiscafo ainda era muito leve. Jacques falou no telefone novamente :

"Bombeie o ar para dentro dos dois tanques. Traga vinte sacos de lastro.

Nós fomos novamente.

"Vinte sacos estão a bordo".

"Expulse o ar novamente. Abra as esclusas uma meia volta. Outro trimestre de turno.

'Você vai se ferrar. O convés está submerso. A torre está meio abaixo. Ele desapareceu. Agora, o mastro.

Desta vez, o Trieste mergulhou e a luz do exterior diminuiu de forma muito acentuada. Em alguns minutos, devemos tocar o fundo.

Nós olhamos para fora da vigia, mas não podíamos ver nada. E então nós vimos o fundo, muito indistinto, talvez a 8 metros de distância; mas paramos de mudar. A explicação era simples: neste clima fino e calmo, o sol italiano tinha aquecido consideravelmente a camada superior da água, que ficou mais leve. Agora, o Trieste estava flutuando em uma camada mais fria e, portanto, mais pesada. Começamos o mergulho com um peso total insuficiente e o batiscafo não foi suficientemente pesado para penetrar na camada de água fria que aumentou a flutuabilidade da gasolina. Através da vigia, vimos nosso amigo, engenheiro de Sanctis, que se abaixou para nos visitar. Quando chegamos, ele nos disse que, de fato, na profundidade em que paramos, ele tinha encontrado uma camada de água gelada; O frio o forçou a subir de novo.

Isso me lembrou a ascensão do balão estratosférico em 18 de agosto de 1932: meu amigo Tilgenkamp nos "pesou" com cuidado, mas, depois de um começo magnífico, tínhamos sido mantidos, a baixa altitude, por uma camada de inversão. O ar quente diminuiu a nossa flutuabilidade. Não foi até depois que jogamos um monte de balas que o balão conseguiu continuar a subir para a estratosfera.

Desta vez, era a água fria que tinha a culpa. Três cursos de ação estavam abertos para nós. Poderíamos esperar que a gasolina no flutuador fosse suficientemente arrefecida para que o batiscafo começasse a cair novamente, mas isso levaria muito tempo.

Poderíamos abrir a válvula de controle e deixar a gasolina, mas isso seria um sacrifício inútil. Nós escolhemos a terceira solução, ou seja, para subir de novo, fazer balas adicionais a bordo e depois descer novamente.

Pelo telefone dissemos a superfície:

"Prepare o lastro. Nós estamos chegando para obtê-lo. "

Meu filho transformou o interruptor sem balanço: as pastilhas de ferro derramadas em uma trilha escura do orifício dos tanques, formando-se em torno de uma grande nuvem de ferrugem. Logo estávamos no topo e as operações usuais ocorreram: então, o Trieste estava devidamente carregado. Nós mergulhamos devagar. À nossa volta, a luz do dia diminuiu um pouco. Olhamos para baixo - o fundo tornou-se distinto, a água era clara. Mesmo sem iluminação artificial, podemos distinguir todos os detalhes. Mas o mar aqui estava particularmente nu; Tudo o que podíamos ver era lama e aqui e ali montes

pequenos que representavam objetos indefiníveis. Em um estado de equilíbrio com a água, o batiscafo vagava lentamente ao longo do fundo: de vez em quando golpeava suavemente, cada vez que levantava uma nuvem de lama. A deriva continuou.

Que condições ideais para a observação! Mas de que uso em tal deserto! Anos atrás, o vento trouxe uma grande palmeira aqui: ali estava, coberto de lama, de modo que dificilmente podia adivinhar sua forma.

Pelo telefone anunciamos:

"Tudo está bem. Estamos no fundo.

' O que você pode ver ?

- Alguma areia - uma concha vazia. .

A que animal pertencia? Não consegui dizer. Se estivéssemos em água doce, devia ter adivinhado um ovula de *Limnea* ou uma jovem *Limnea stagnalis* (gastropodes de água doce), mas aqui estava fora do meu elemento. Por fim, vimos um objeto digno de interesse: nós escovamos contra uma grande anêmona do mar. Seus tentáculos estavam acenando suavemente na busca de presa: eu as contei por dentro; a criatura é uma cor amarelo limão e destacando-se contra um fundo azul-verde. A uma profundidade de 22 braças, então, a água deixa luz amarela e admiramos a bela anêmona; Mas, atraídos pelo nosso curso, logo o perdemos de vista. Não encontrando nada mais que nos interessasse, dissemos a superfície que estávamos indo. A corrente elétrica que manteve as pastilhas de ferro nos tanques foi cortada, e os pellets escaparam e caíram no fundo, levantando uma grande nuvem circular. Parecíamos estar em um elevador. Ouvimos um barulho curioso e pedimos por telefone o que era.

"Você pode ouvir os parafusos do Tenace: está chegando perto".

Poucos momentos depois, o Trieste surgiu e o Tenace bombeou a água do poço com ar comprimido. Podemos ver o nível descer na antecâmara. Quando ficou claro, abrimos a porta e subimos ao convés.

Algumas pessoas ficaram surpresas que um batiscafo projetado para descer para 21/2 milhas deveria passar seu tempo remando nas águas rasas ao longo da costa onde qualquer mergulhador amador equipado com equipamento de mergulho autônomo poderia mergulhar facilmente. Naturalmente, observações irônicas foram ouvidas.

As pessoas esqueceram simplesmente que ainda não havia nenhum manual para o uso de pilotos de batiscafo e que, apesar de nossa teoria, várias partes ainda não tinham sido testadas antes que o submarino pudesse cumprir o papel esperado. Nessa ocasião, certamente não abrimos nenhum registro, mas nos acostumamos a dirigir o Trieste e aprendemos um bom negócio. Nós também poderíamos ter procedido aos primeiros ensaios em mar aberto, mas aqui obtivemos os mesmos resultados com menos dificuldade. Os estaleiros que construíram o batiscafo, e nós mesmos, sabemos agora que nossa confiança estava justificada. Os membros da tripulação também receberam treinamento nas várias operações: transporte de lastro, preenchendo a fechadura, rádio, telefone, etc.

Conforme descrito acima, a cabine foi equipada com duas janelas: uma na frente, que olha obliquamente para o mar, e a outra para trás, que olha para a antecâmara e sua grande janela; normalmente, devemos poder utilizar a vigia traseira para observar o mar através da antecâmara. Mas a água que encheu a antecâmara estava tão suja no dia que era impossível ver qualquer coisa através disso. Posteriormente, antes de cada mergulho, tivemos o bloqueio e a antecâmara limpa. Além disso, nós providenciamos que as bombas no Tenace funcionassem por um tempo até que ele estivesse entregando água limpa, antes de preencher a antecâmara. Finalmente, um balde e uma escova foram colocados na torre e todos os que estavam descendo na fechadura foram convidados a limpar os sapatos antes de colocar o pé na escada. Era quase como entrar em um

santuário hindu. Assim, durante os mergulhos subsequentes, sempre fomos capazes de observar o mar pelas vigias dianteiras e traseiras.

A lição mais valiosa aprendida neste dia foi que não deveríamos começar um mergulho com balas insuficientes. No mar calmo da Baía de Nápoles, foi fácil assumir o balastro que faltava. Mas no dia 30 de setembro, de Ponza, quando as ondas varreram e submergiram o convés do Trieste, ficamos muito felizes por não ter que repetir esta operação.

6: Mergulho para 594 braço de Capri

SIGUIENTE nesses mergulhos preliminares, não tivemos nenhuma mudança essencial para fazer no Trieste: todas as partes, seja lá o que for, funcionaram perfeitamente. Recipientes de álcali e garrafas de oxigênio foram alterados e então estávamos prontos para realizar um mergulho real.

Tivemos tanta confiança na solidez da cabine, da vigia e das passagens dos condutores através das paredes que achamos que era desnecessário mandar o Trieste para baixo vazio. Jacques e eu mergulhamos imediatamente.

Qual a profundidade a ser escolhida} Ao sul de Capri, há uma cavidade submarina de 605 braças. Para encontrar maiores profundidades, devemos ter que ir mais longe, em direção a Ponza: a profundidade chega até 1980 braças. Por enquanto, 550 braças seriam suficientes; mesmo que uma descida até 1650 não oferecesse nenhum risco grave, preferiria me limitar a isso para começar.

O tempo tinha sido estabelecido justo durante a primeira quinzena de agosto, como é geralmente o caso no sul da Itália: no entanto, no dia 15 mudou exatamente quando estávamos preparados. Havia tempestades e o mar era muito áspero. Por fim, em 25 de agosto, as previsões meteorológicas foram mais favoráveis. Nós telefonamos para Nápoles e para o Almirantado, e no mesmo dia, à tarde, o tugboat Tenace atravessou a baía e lançou a preensão antes de Castellammare. Tudo tinha sido preparado com antecedência, e às 6 PM o porto esquerdo de Trieste. A velocidade era baixa porque, como demonstraram os testes com modelos, o Trieste tendia a divergir de uma linha reta se fosse rebocado com muita rapidez: avançou em um ziguezague, virando 45 ° agora para a porta, agora para estibordo. Para estabilizá-lo, arrumei provisoriamente uma âncora de profundidade na popa. Isso resultou em uma melhoria notável, mas foi somente quando adicionamos uma queda de quilha ao flutuador que o Trieste teve boas maneiras do mar. Na luz do luar brilhante, seguimos em frente, deixando Capri à nossa direita, e no início do dia 26 chegamos ao lugar escolhido para o mergulho (Lat. 40 ° 30 '03 "N. Long. 14 ° 12' 30" E.). Um lançamento pertencente à 'Navalmeccanica', com engenheiros e marinheiros do estaleiro naval a bordo, veio conosco. Vindo de Nápoles, a Fenice, uma corveta rápida da Marinha italiana, se juntou a nós: ela foi uma grande ajuda para nós vigiando a zona de mergulho. Na verdade, era essencial que, quando nos levantássemos Na superfície, nenhum barco estava se movendo no bairro. Ninguém sabia o ponto exato em que o batiscafo quebraria a superfície. A Fenice descansou incansavelmente o mar e pediu que os navios fiquem a duas ou três milhas de distância. Com duas exceções, todos os navios entraram com nossas demandas. No entanto, um grande navio a vapor insistia em manter seu curso. Uma ameaça de força era necessária

antes de ceder. O outro desmancha-prazeres era uma lancha rápida de Capri: carregava uma celebrada estrela de cinema. Quando o Trieste subiu à superfície, a lancha circulou em torno de nós. Como tivemos que ter uma certa liberdade de movimento, e palavras suaves provando vãs, as mangueiras da Fenice entraram em ação: elas tiveram o efeito desejado.

A Fenice também cumpriu outro propósito. O Admiraltyhad italiano convidou jornalistas e jornalistas a estar presentes para o mergulho. Embora o tempo entre o anúncio de partida e a nossa partida tenha sido curto, cinquenta ou sessenta jornalistas estavam a bordo da corveta.

Na luz cinzenta do início da manhã, sob o comando do meu filho e dos engenheiros Salvio e Traetta, nos preparamos para partir. Como seu modelo, o balão livre, o batiscafo é, como vimos, dotado de uma trilha que facilita a navegação no fundo do mar. Mas este cabo pode ser atrapalhado em algo.

Para que possa ser liberado, o trilho é preso por uma captura que é mantida fechada por um eletroímã. É necessário apenas cortar a corrente que o alimenta para liberar o cabo. Nós percebemos, de fato, que a captura abriu um pouco com facilidade: aconteceu que, no momento em que o cabo foi desenrolado, um choque o soltou. Pesando 770 lb, afundou diretamente na parte inferior. Nós tínhamos outros cabos em reserva a bordo do Tenace, mas como é difícil reparar a captura quando no mar, decidimos mergulhar sem uma trilha.

Para economizar a corrente antes da nossa partida, fechamos os tubos de saída dos tanques com tampas de parafuso e bloqueamos as armaduras dos eletroímãs com pinos. Em seguida, tivemos que alternar a corrente para os solenóides, que impedem que as pastilhas de ferro fluam por ação magnética. Em seguida, um mergulhador, equipado com um equipamento de mergulho Salvas, foi debaixo do flutuador, desenroscou os parafusos e entregou-os ao meu filho. Tudo o que tinha que ser feito agora era transformar um interruptor na cabine para iniciar o desengate: poderíamos, no último momento, retirar os pinos que bloqueiam os ímãs.

As operações foram realizadas normalmente: meu filho e eu fomos para baixo



Placa XVI O Trieste de Ponza, 29 de setembro de 1953



Placa XVII Antes de mergulhar Ponza, Salvio limpa a grande janela da antecâmara.
Observe a porta à esquerda e (acima) a válvula de lastro magnético



Placa XVIII Verificando o dispositivo sem descarte

na cabine e fechou a porta. As ordens foram transmitidas por telefone:
'Preencha o bloqueio. Feche a escotilha. Retire os pinos.
'Pins'.
"Você mesmo viu que eles foram retirados}" (um erro pode ser fatal).
T vi com meus próprios olhos.
"Abra as esclusas nos tanques de ar".

Ouvimos o contramestre retransmitir a ordem: a água correu para dentro dos tanques e pesava o batiscafo.

Então a mensagem veio da superfície:

'Você vai se ferrar . . . o convés está debaixo de água. A torre está meio embaixo. . . estamos desconectando o cabo do telefone.

Um ruído acentuado nos disse que de agora em diante estávamos isolados e deixados para nós mesmos. A descida começou.

De repente, percebemos que as pastilhas de ferro estavam saindo do tanque dianteiro: nós conectávamos o amperímetro no circuito do solenóide ou, mais corretamente, o milivoltmetro no shunt do circuito correspondente: o índice permaneceu em zero, um prova de que o circuito foi cortado. Poucos minutos depois, estávamos na superfície novamente. Entre duas e três toneladas de pellets de ferro haviam escapado.

O filme que foi levado sob a água durante a preparação me mostrou mais tarde o motivo provável da quebra: o cabo que fornece o solenóide deve ser relativamente fraco em um certo ponto para que ele possa quebrar, se as circunstâncias nos forcarem a sacrificar um tanque inteiro de lastro: No momento crítico, um mergulhador aproximou-se do solenóide: inadvertidamente ele deve ter puxado o cabo com seu aparelho de respiração e quebrou-o em seu ponto fraco.

o que era para ser feito? Para reparar o cabo subaquático, era bastante impossível.

Devíamos voltar para Castellammare, esvaziar os tanques de gasolina, levantar o batiscafo para a doca e, depois de reparar, começar de novo? Teria levado uma semana pelo menos, e não poderíamos poupar o tempo, já que a temporada já estava bem avançada. Saindo do Trieste, fomos a bordo do Tenace para estudar a situação. Foi uma situação difícil. De repente, meu filho teve uma idéia.

"Supondo que selemos a abertura do tanque com defeito? Poderíamos então substituir as toneladas de lastro que foram perdidas pelo balastro de emergência que temos no Tenace. Então podemos cair novamente esta tarde.

À primeira vista, descer com um único tanque de trabalho parecia assumindo um risco injustificado: mas a profundidade era de apenas 550 braças e o desembarque de um único tanque seria suficiente para garantir o retorno do batiscafo à superfície. Em caso de necessidade, devemos ainda poder descartar o tanque inteiro com seus conteúdos. Em vez de uma quatro segurança - dois solenóides e dois eletroímãs - devemos ter três vezes; foi o suficiente.

A manhã estava perdida, mas à tarde estávamos preparados novamente. As operações usuais foram passadas mais uma vez; Desta vez, tudo avançou sem engasgar. Por fim, o telefone foi desconectado de seu soquete e o batiscafo desceu; lentamente, a luz cresceu menos.

Muitas vezes me perguntaram quais eram meus pensamentos nesses momentos. Não havia nada que nos causasse ansiedade. Nem meu filho nem eu podíamos acreditar na possibilidade de qualquer acidente fatal. No entanto, deve ser admitido, ao ver a diminuição da luz enquanto o indicador indicava pressões crescentes tinha algo impressionante. Sabíamos, é claro, que no curso da natureza o dia deve sempre seguir a noite; É um espetáculo que homens viram centenas de milhões de vezes. Mas, até agora, aqueles que voltaram do reino das sombras podem ser contados nos dedos de uma mão. E, no entanto, tínhamos confiança nas leis da natureza: só tivemos que transformar tal e tal interruptor para cortar o fornecimento de eletricidade aos solenóides e começar o descomprometimento. Menos pesados que a água, devemos levantar-se necessariamente: Arquimedes sabia disso há séculos!

Minhas preocupações eram de outra ordem e eu temia apenas uma coisa: ter que subir de novo à superfície muito cedo se a falta de sorte que algum circuito estivesse

quebrado. Desta vez, tudo correu bem e a luz cresceu menos: no início, a luz que se filtrava através das vigias ainda era suficiente para distinguir objetos na cabine; então, pouco a pouco, as sombras ficaram mais espessas; as vigias sozinhas ainda eram visíveis: discos azul-cinza de 4 polegadas de diâmetro; lentamente, as cores ficaram turvas. Todos ficaram cinzentos, depois cinza escuro, depois preto.

LUZ DE DIA SOB ÁGUA

A que profundidade é visível a luz e qual é a cor do último raio que se pode ver? É difícil dizer. Saindo da luz do dia, o olho é consideravelmente menos sensível do que depois de uma hora na escuridão. Segue-se que, ao descer, a fronteira entre o dia e a noite parece estar mais próxima da superfície do que quando se levanta. A percepção de As cores desaparecem mais rapidamente do que a da luz. Há na retina dois tipos de células sensíveis: o primeiro, os cones, distinguem as cores, mas são menos sensíveis à luz; As outras, as varas, são mais sensíveis à luz, mas não percebem os cores. Uma experiência muito simples irá demonstrar isso. Entre em um quarto escuro iluminado apenas por uma lâmpada azul fraca: a lâmpada parece azul, mas, se olharmos de lado, o resto da sala não tem nenhuma aparência de cor. O mesmo fenômeno é observado na fotografia: os filmes em preto e branco são mais sensíveis do que os filmes coloridos. Isso explica por que não posso dizer o que é, de fato, a cor do último raio luminoso. O provérbio "todo gato no cinza do crepúsculo" aplica-se literalmente em tal caso: o último brilho parece cinza. No entanto, o mergulhador de Schiller fala de uma escuridão púrpura e Beebe de uma luz violeta. Apenas uma fotografia do espectro permitiria uma resposta a esta questão. Uma coisa é certa em qualquer caso: 18 polegadas de água já absorve uma grande parte da luz vermelha e alguns metros a interceptam completamente. Para provar isso, basta ver a água em uma banheira de esmalte branco: parece azulada porque, já, a água nele absorve uma parte da luz vermelha. Não esqueçamos que a permeabilidade da água do mar aos raios de luz não é constante: ela varia de acordo com o local e de um dia para o outro. Um não pode ser exato; Tudo o que pode ser dito é que, abaixo de algumas centenas de metros, a escuridão é completa.

CORES DE VEGETAÇÃO SUBMARINA E FAUNA

Espero ter permissão para digressão no domínio da biologia. Em terra, admiramos as cores das plantas e dos animais. Mas por que a lenda do pavão é tão bonita? Simplesmente para despertar o interesse da galinha. As borboletas, também, reconhecem seu tipo por suas cores e os desenhos que adornam suas asas. Por último, o que as flores, que desdobra maravilhas cromáticas para atrair os insetos que os fertilizam? Qual é a origem dessas cores? Darwin forneceu uma resposta: de geração a geração, o pavão mais bonito teve o maior sucesso, ou, em outras palavras, teve mais descendentes. Ele é quem teve o maior número de oportunidades de transmitir suas cores para a posteridade. Sempre foi assim: de século a século, a seleção enriqueceu suas características. Entre as borboletas, as mais bonitas, também, são as mais seguras para serem reproduzidas. Da mesma forma, as flores mais bonitas produziram necessariamente o maior número de sementes.

Se, a alguns metros abaixo da superfície, observa o fundo rochoso do mar, um é aproveitado com admiração pela riqueza do tom. Mas, estranhamente, as anêmonas e os outros animais estacionários muitas vezes exibem cores magníficas, tanto quanto os peixes. No entanto, fixados na rocha, eles não se dirigem para viagens nupciais. Que bom então são essas cores? É para atrair suas presas ou, pelo contrário, para assustar seus inimigos? Se o mergulhador for mais profundo, descer onde a luz vermelha não

alcança, e separa um animal de cor cinza da rocha, muitas vezes essa criatura aparecerá vermelha brilhante à luz do dia. As redes do vaso oceanográfico Valdivia trazidas de vários milhares de braças, profundidades onde a noite perpétua reina, lagostas do melhor vermelho. Como essa coloração pode ser explicada? Estamos longe de saber disso. A teoria de Darwin certamente tem algo a ver com o assunto; mas a última palavra ainda não foi dita: vamos então continuar a observar e procurar.

O MERGULHO VAI

Acendemos as luzes na cabine e olhamos as pressões: a pressão era de 45 atmosferas, mostrando que tínhamos quase 250 braças abaixo. Nós apagamos a luz e ficamos na escuridão absoluta. Olhei através do poro: como uma estrela cadente, um ponto luminoso cruzou meu campo visual. Uma coisa viva! Animal ou vegetal? Nesta escuridão, as verdadeiras plantas não podem viver. Vimos vários desses animais fosforescentes, às vezes solitários, às vezes em grupo, e mais uma vez, as sombras opacas cercam-nos. Mais abaixo, notei uma criatura mais brilhante do que as outras, mais distantes, cercadas por um halo de luz: parecia um planeta em clima brumoso. Estava longe demais para que eu pudesse descobrir o formato. Um único peixe mostrou-se, cerca de 4-8 polegadas de comprimento, e também ligeiramente fosforescente. Quando iluminamos o projetor de 5000 candelabro - seu feixe foi direcionado para baixo - apareceu uma quantidade de pequenos corpos, pontos luminosos que se destacam contra um fundo escuro. Não se podia imaginar uma demonstração mais perfeita de iluminação ultramicroscópica! A água era admiravelmente límpida; Quando nenhum animalculo estava dentro do alcance, o feixe de luz era praticamente invisível. Os medidores de gravação descrevem suas curvas regulares: 200, 250, 300 braças. Como esperado, a gasolina contraiu e o batiscafo tornou-se mais pesado. Sua velocidade aumentou progressivamente: agora atingiu 3,3 pés. Um segundo e até um pouco mais. Nestas condições, havia Nada surpreendente em não ver nenhum peixe. Se quisermos proceder a observações zoológicas, seria necessário travar a descida, de modo a não assustá-las, ou melhor ainda, manter o equilíbrio do batiscafo. Talvez, também, ao pendurar uma isca em frente ao porão, poderíamos atrair para nós representantes da fauna do abismo.

Toda a vida no mar depende das camadas superiores iluminadas pelos raios solares: em virtude da clorofila, são produzidas substâncias orgânicas aqui. Pequenos peixes e crustáceos alimentam-se de algas vivas ou mortas, ou em diatomáceas; então, por sua vez, eles se tornam presas de criaturas maiores. Em todos os níveis, os animais esperam a morte dos cadáveres para baixo. Eles também se comem. Cada profundidade possui sua fauna particular. No fundo, há um mundo à parte: peixe plano, crustáceos, aranha-caranguejo, conchas, filtram a água para sair daquilo que é comestível.

Nós renunciamos à idéia de estabilizar o batiscafo desde então, nosso objetivo não era fazer observações zoológicas, mas testar o Trieste e demonstrar que era capaz de mergulhar em 550 braças. Se jogarmos ao mar demais balastro, deveríamos voltar para a superfície novamente sem ter chegado ao fundo. É verdade que, mesmo assim, poderíamos ter aberto a válvula para liberar uma certa quantidade de gasolina. No entanto, se a subida teve lugar a alta velocidade, não devemos ter sido capazes de deixar o suficiente para compensar a diminuição do peso induzida pela expansão da gasolina. Antes de poder ajustar a quantidade de lastro e gasolina, era necessária outra coisa: saber em cada momento a velocidade exata do batiscafo. Certamente, nós possuíamos medidores de profundidade, mas, como foi dito, eles não eram suficientes e ainda não tínhamos nosso tacômetro.¹

¹ Fizemos isso depois do nosso retorno de Capri.

Desta vez, deixamos o Trieste ir direto para o fundo. Com medo de jogar muito balastro, no caso de não jogarmos o suficiente: 400, 500 braças. Logo devemos poder ver o fundo.

O projetor estava ligado e, de repente, uma superfície circular apareceu no cone da luz. Meu filho, que estava na porta da porta, chamou: 'Steady on! "Como um aeronauta que espera um pouso áspero. Já estávamos no fundo: tocamos tão gentilmente que não tínhamos consciência disso. 594 braças.

Um oceanógrafo me disse que o depósito sedimentar aumentou não mais de $\frac{1}{25}$ em um ano e que, no final de vários séculos, a lama solidifica e se torna pedra em mil anos. A camada macia não deve ser mais do que um quintal de espessura. Outros cientistas calculam que a espessura do depósito sedimentar anual não é tão grande. Abaixo de onde estávamos, ao sul de Capri, longe de uma foz do rio, eu esperava apenas um depósito muito leve. Agora, o que vimos? Nada! A cabine estava presa na lama até a vigia. (A nosso regresso, examinando, meu filho trabalhou que ele tinha ido 4 pés 6 polegadas de profundidade na lama.)

Durante a descida, nos alegramos de pensar nas descobertas que devemos fazer, uma vez no fundo. E não vimos nada. A luz dos projetores não nos chegou: quando ligamos a iluminação interior vimos que uma massa arenosa estava obstruindo a janela. De fato, as amostras de solo que permaneceram presas na cabine mostraram que não era areia, mas uma substância de composição muito fina, quase empoeirada, que a olho nu parecia homogênea: isso explicava por que entramos tão facilmente. O Instituto de Geologia Aplicada de Milão nos pediu uma amostra, então enviamos alguns deles. A macrofotografia mostrou sua composição. É em massas desta formação que, ao longo de milhões de anos, o petróleo é formado.

Desta vez, não foram possíveis observações. Durante o mergulho no dia 14 de agosto, 22 bramas abaixo, vimos o fundo perfeitamente: a descida tinha sido lenta e o Trieste não tinha encaminhado para a lama. O mesmo deve ser alcançado também em grandes profundidades. (Um balonista deve fazer seis ascensões antes de obter a licença de seu piloto e, em várias ocasiões, o instrutor vai com ele, o piloto do avião pupilar deve voar como observador com seu professor antes de permitir-se voar em controle duplo, depois estar no controle sozinho e, finalmente, ser deixado para si mesmo. Era bastante diferente para o piloto do batiscafo.) O objetivo do mergulho de hoje era provar a força do batiscafo e o objetivo tinha sido alcançado. Mas, mesmo nessas condições, a cabine já poderia prestar ótimos serviços como laboratório, particularmente para a medição da gravitação. Os geofísicos instalaram uma rede de estações em todo o mundo. Nestes, procedem à medida da aceleração do solo: os dados recolhidos permitem estudar a estrutura geológica do nosso planeta. Para isso, o observatório deve estar seguro de qualquer vibração ou movimento: os navios, portanto, não podem ser usados. Agora, conhecer a gravitação entre os continentes seria da maior importância: a informação recolhida nos permitiria determinar a estrutura da parte da crosta terrestre coberta pelo mar. Até agora, os únicos meios à nossa disposição eram os instalados a bordo de um submarino holandês pelo Professor Vening Meiners: para isso, o submarino tinha que permanecer parado por horas em profundidade constante, sendo os membros da tripulação condenados à imobilidade absoluta. Os dados seriam imediatamente mais precisos e fáceis de obter se o pêndulo gravimétrico fosse colocado na cabine do nosso batiscafo, estacionário como está na lama. Um ainda teria que estudar o problema da transmissão de sinais horários por métodos ultra-sônicos. Mas as dificuldades não são

tão ótimas que uma solução não pode ser encontrada.

ACIMA DA LUZ DO SOL

No final de um quarto de hora, achando inútil prolongar a nossa permanência no fundo, decidimos subir. A máquina teve que ser iluminada. A abertura de um dos tanques de lastro foi bloqueada por um plugue: o outro era livre e permitiu que quatro toneladas de pellets de ferro fossem jogadas ao mar, isto é, mais do que é necessário para compensar a sobrecarga que tivemos ao tocar o fundo e arrastar a cabine para fora da lama. Jacques virou o interruptor e, em teoria, o balastro deveria ter fluído, mas era impossível nessa lama se certificar disso. O silêncio era total, um verdadeiro silêncio do tórumulo. No entanto, a situação não era de modo algum alarmante: um único tanque estava disponível; as pastilhas de ferro não podiam fluir mais rapidamente do que uma taxa de não lb. por minuto. E mesmo depois que este tanque foi esvaziado, ainda poderíamos jogar o outro ao mar, ou seja, 8800 libras de pellets de ferro suplementares e 4400 libras mais, o peso de dois tanques de lastro quando vazio. De repente, o batiscafo se inclinou para a frente e a lama correu antes da vigia. Eu corri para ele com a esperança de perceber finalmente o fundo. Mas, ao arrastar-se para fora da lama, a cabana agitou-a; uma nuvem se formou e, quando desabotoou, o fundo já estava fora da vista.

O mergulho entrou em sua última fase: como não abrimos a válvula de controle e, seguindo a diminuição da pressão, a gasolina expandiu, o batiscafo tornou-se mais dinâmico e a velocidade de sua subida aumentou: atingiu cerca de 3,3 pés . um segundo. No vislumbre do projetor, mostraram-se inúmeros pontos de luz: as partículas de mito presas à cabine foram afuniladas e foram delineadas em pálido contra o fundo preto. Durante a maior parte da subida, descobrimos os projetores: os animais fosforescentes me interessavam mais do que as partículas iluminadas de lama. Um olhar no indicador era suficiente para me assegurar que a subida continuava: continuava sem rolar, sem chacoalhar.

O balão de uma criança sobe em ziguezagues. Não são os choques do vento que induzem essas mudanças em direção: se repete a experiência em um grande salão protegido de todo o vento, a subida ocorrerá da mesma maneira. São os redemoinhos produzidos pelo próprio balão que são a causa do seu comportamento. Só é necessário dar-lhe uma leve carga, de modo a diminuir a velocidade, para estabelecer que existe uma velocidade crítica: abaixo desta velocidade, a trajetória é estritamente vertical, e acima dela, os redemoinhos fazem o ziguezague do balão. Da mesma forma, se uma bola de tênis é lançada no fundo de uma piscina de banho, ele sobe em um ziguezague. Se o batiscafo subisse muito rápido, ele se comportaria da mesma maneira. É impossível determinar antecipadamente, por cálculo, a velocidade crítica para além da qual os redemoinhos seriam formados: eu, portanto, havia providenciado para lidar com oscilações muito grandes usando um pára-quedas: anexado abaixo da cabine, abriria e travaria a subida. Mais uma vez, esta é uma analogia entre o aeróstato e o batiscafo. No entanto, confiando para permanecer abaixo da velocidade crítica, eu calculava que poderíamos fazer sem ele. O meu otimismo era justificado: mais suavemente do que nos melhores ascensores, nós nos levantamos sem a menor oscilação.¹

Ainda estávamos na escuridão. Mas, para os instrumentos, ainda poderíamos nos acreditar no fundo. É um momento emocionante quando o primeiro brilho filtra através das vigias! Pouco a pouco a iluminação cresce. A partir daí, não havia mais animais fosforescentes. Logo, foi suficientemente leve para reconhecer objetos na cabine, com todas as luzes apagadas. A luz do dia aumentou e os postules resplandeceram com uma luz azulada. A cabine começou a balançar, um ligeiro balanço: chegamos à superfície.

¹ *Este não foi sempre o caso (consulte a página 134).*

Acima de nós, os raios do sol tocavam nas ondas: pontos de luz dançavam na antecâmara. De repente, o toque do telefone nos fez saltar. Depois de quarenta e cinco minutos, estávamos novamente em contato com o mundo externo e sua civilização. Quando o Trieste mergulhou, as unidades de escolta se afastaram para evitar qualquer perigo de colisão. O bote pneumático tripulado pelo Sr. Salvio e um marinheiro sozinhos permaneceram no bairro. Quando o Trieste surgiu, 500 metros separaram o bote do batiscafo: remo, os dois homens tentaram correr o Tenace para a cena e o Tenace, a 2 milhas de distância, surgiu a toda velocidade. O bote venceu. Salvio conectou o telefone e estabeleceu contato:

'Olá! Tudo está certo ? Quão longe?

"Mais de 550 braças".

A mangueira de ar comprimido a bordo do Tenace estava conectada à tubulação da torre e o ar que entra no eixo expulsava a água. Podemos ver o nível descendo fora da vigia traseira. Quando a fechadura estava vazia, eles abriram as escotilhas, subimos a escada e subimos ao convés. Uma lancha veio ao lado e levou-nos ao Tenace. Por sua vez, o Fenice surgiu, trazendo os jornalistas: no mar calmo, poderia chegar quase ao lado do Tenace.

Um espírito céptico exigiu prova de nossa profundidade, mas, se nossa palavra não fosse suficiente, os indicadores de gravação nos ajudaram como testemunhas confiáveis, como um oficial naval os selou com um selo principal quando partimos. Há vinte e um anos, em Dubendorf, o meteorologista Berger, mordomo do Swiss Aero-Club, havia selado os dois barógrafos no balão estratosférico da mesma maneira.

Eles queriam que nós pegássemos os instrumentos de gravação do Trieste para que os repórteres pudessem verificar a profundidade alcançada? Eu queria muito sugerir que eles deveriam ir para baixo para ver a marca que a nossa cabana havia deixado na lama. Naquele momento, Bücher, um dos mergulhadores, nos saudou. Ele estava segurando um punhado de argila azul cinza.

"Eu peguei ele fora da cabine!

No ponto em que estávamos, o gráfico marinho mostrou que a profundidade era de 550 a 605 braças: ali estava, a prova que eles queriam!

No início deste capítulo, eu disse por que fechamos a abertura de saída do tanque de lastro dianteiro: o tanque traseiro sozinho estava funcionando. O batiscafo tinha sido lançado um pouco fora do equilíbrio e, agora que estava na superfície, estava deitada um pouco abaixo pelo arco. Não pensamos em apontar para os jornalistas. Poucos dias depois, abrindo os jornais, aprendi com espanto que tínhamos chegado à catástrofe! Parece que um compartimento de gasolina vazou e que acabamos de chegar a subir novamente, jogando ao mar todo o balastro. Eu deveria ter medo de pensar nos perigos que, ao que parece, acabamos de fugir!

Com o seu complemento de jornalistas, a Fenice voltou para Nápoles: o lançamento dos pátios "Navalmeccanica" levou os engenheiros de volta a Castellammare e o Tenace levou o Trieste mais uma vez no reboque: lentamente passamos por Capri e alcançamos o porto após o anoitecer; onde o batiscafo foi feito rápido ao lado. Voltamos ao trabalho para fazer os preparativos para o grande teste.

7: Mergulho para 1700 braças

VINTE E QUINTO DE setembro de 1953. Mais uma vez o Tenace prossegue em direção a Castellammare. Estamos prestes a partir do teste grande de Trieste. Nos estaleiros, os trabalhadores e os engenheiros realizam os preparativos finais. O Trieste está imóvel na doca. Rejuvenescido por um casaco de tinta fresca, equipado com vários novos aparelhos, parece estar esperando, tão impaciente quanto nós, novamente para assumir o seu serviço no alto mar.

O que tínhamos feito desde o mergulho de Capri?

Nós fizemos muitas pequenas melhorias: cada mergulho é apenas um prelúdio para o mergulho a seguir e serve de lição para experiências futuras. A velocidade de reboque era muito baixa. Adicionamos uma quilha sob a popa do flutuador: talvez diminuiu ligeiramente a notável estabilidade do Trieste, mas não o suficiente para se notar. Nós fizemos isso, não para evitar o rolamento, mas para aumentar a velocidade do flutuador na superfície. Na realidade

Essa quilha permitiu que a velocidade de reboque fosse triplicada.

Um fio para um solenóide tinha sido quebrado. Isso foi corrigido, e um novo sistema foi desenvolvido para aumentar a eficiência desse componente. Nós fomos impedidos ao não sabermos nossa velocidade vertical com precisão, então nós construímos o tacômetro que foi descrito anteriormente.

A luz faltava para a parte traseira do batiscafo, e para remediar isso, um terceiro projetor foi construído idêntico ao primeiro e colocado na popa.

Uma série de pessoas ocupadas criticaram o que achavam que era uma demora calculada, mas, na verdade, não perdemos um momento, e o tempo todo foi gasto fornecendo o Trieste com melhorias. Não foi suficiente para nós mergulhar mais fundo: o que queríamos era desenvolver as possibilidades científicas do Trieste.

Onde deveríamos mergulhar desta vez?

Nós tínhamos marcado no mapa, ao sul da Ilha de Ponza, a cerca de sessenta milhas ao noroeste de Castellammare, um vasto planalto submarino arenoso, cuja profundidade variou entre cerca de 1650 e 1760 braças. Foi um local ideal para desembarcar um balão submarino. No entanto, significaria um reboque de uma noite inteira; Mas o mar estava calmo e nós poderíamos sair sem ansiedade.

Às 4 da tarde. nós pesamos âncora. Dois marinheiros chegaram a bordo do Trieste, enquanto eu ficava a bordo do Tenace. Nós corremos ao longo da costa da península de Sorrento; perto de Ischia e Capri. A corvette Fenice, envolvida em manobras, estava na região e nós trocamos militares. Na manhã seguinte, ao amanhecer, ela se juntou a nós no lugar selecionado para o mergulho. À medida que a noite caiu, os holofotes foram iluminados e, à luz de seus feixes, poderíamos assistir o Trieste deslizando suavemente ao nosso sono.

Depois de um tempo, o vento começou a subir. Por rádio, fomos informados de que a previsão do tempo mudou e foi cada vez menos favorável. O Tenace estava lançando. O Trieste se comportou muito bem, no entanto, apesar das ondas que começaram a varrer seu baralho. A jornada continuou, mas durante toda a noite estávamos preocupados com o fato de que o tempo pesado ia estragar nossos planos. Para a meia-noite, o vento soprava mais forte e forte. As últimas estrelas se esconderam por trás de grandes nuvens baixas. À luz dos floodlamps, poderíamos ver as ondas quebrando, às vezes cobrindo o Trieste até a metade da torre. Não poderíamos tomar decisões naquela hora; O que quer que acontecesse, tivemos que esperar pelo amanhecer.

Na cinza do início da manhã, reunidos no quarto do convés do Tenace, nossos rostos rugidos pelo vento e spray, precisamos tomar uma decisão.

Jacques tinha tomado a bordo do Trieste pelo pequeno bote de borracha. Ele inspecionou rapidamente o batiscafo, e encontrou tudo em ordem. Atirada pelas ondas e lançando a ondulação, o Trieste se comportou notavelmente bem. Mas ficou claro que as operações que antecederam um mergulho teriam sido quase impossíveis nesse tempo. Como devemos colocar na água, a trilha ainda estava enrolada no convés do batiscafo? Os homens que iriam colocá-lo no último momento teriam todo o tempo prendido para pendurar o 'Tientibene' (o trilho de mão) e muito menos corrigi-lo. Como nós deveríamos verificar o espaço aéreo dos eletroímãs?¹ Ou certifique-se de que eles ainda tinham o $1/125$ pol. requerido? Como alguém poderia pedir aos homens, depois do 'Deixe vai! ', para voltar para os barcos nadando, com ondas de vários metros de altura?

No entanto, um último esforço tinha que ser feito: o Fenice derramou óleo para acalmar as ondas e o Tenace ficou de frente para proteger o Trieste. Mas todas essas medidas se mostraram inúteis, e finalmente tivemos que desistir do dia.

No entanto, não pensamos em voltar para Castellammare. Nós tínhamos caminhado por mais de quinze horas, e o pequeno porto de Ponza, a poucas horas de distância, nos ofereceu um amplo refúgio do tempo. Então partimos para Ponza.

Nos intervalos brilhantes, poderíamos ver cada vez mais claramente os contornos de Ponza. Pouco a pouco, as ondas diminuíram, quando chegamos ao longo da ilha. As falésias caíram perpendicularmente ao mar. As rochas "Faraglioni" se destacaram de forma clara.

Correndo ao longo da costa, o Tenace arredondou um promontório, depois entrou em uma baía. O comandante do porto saiu em um lançamento para nos encontrar, e depois partiu com os oficiais do Tenace e meu filho para procurar um ancoradouro no porto onde o Trieste poderia ser ancorado. Embora o deslocamento tenha sido de apenas 3861 cu. ft., seu rascunho foi de 19 pés. 10 polegadas, então ele teve que ser amarrado longe do cais.

Ponza é uma ilha estranha, cheia do inesperado: o clima é extremamente seco e as molas são raras. A água deve ser trazida do continente em navios-tanque. Uma das principais culturas é o agave ou sisal-cânhamo, cujas folhas secas são usadas para combustível. As casas da pequena cidade são agrupadas em torno do porto e nas encostas ao redor: seu olhar limpo e limpo faz uma impressão agradável.

Pedimos ao prefeito que nos acolheu sobre o que viviam os habitantes. A pesca das lagostins - o lagostins de Ponza é conhecido em toda a Europa - proporciona suas necessidades em grande parte. Em segundo lugar, há o comércio turístico. Pequenos restaurantes hospitaleiros enfrentam os cais e os visitantes alojam-se com os habitantes: você está bem como um bom hotel. Outra fonte de riqueza é a emigração. Dos 15 mil nativos, 8000 vivem em Nova York. Muito apegado ao seu pequeno país, trabalhador e inteligente, eles enviam suas economias para suas famílias deixadas em Ponza. Na medida do possível, eles passam suas férias na ilha: quando sua vida profissional está terminada, eles voltam a viver lá.

Nós fomos os convidados do município.

O clima melhorou e esperamos poder realizar um mergulho no dia 30 de setembro. No dia 29, meu filho e o Sr. Traetta dos estaleiros 'Navalmeccanica' desceram a uma profundidade de 50 pés no litoral da ilha para inspecionar o banho e garantir que o tempo pesado não causou nenhum dano. À noite, a corvette Fenice foi ao lugar onde pretendemos fazer o mergulho e nos falou sobre o rádio que havia uma ondulação média.

¹ Consulte o Apêndice 2.

À meia-noite, mais uma vez, pesamos âncora: em primeiro lugar, enquanto nós estavam perto da ilha, tudo correu bem. Mas, gradualmente, as ondas começaram a sentir-se. Estávamos um pouco ansiosos. Continuamos olhando para o Trieste, mas aqueles que estavam montando guarda a bordo fizeram sinais de que tudo estava bem.

De nuvens baixas, uma boa chuva caiu às seis horas da manhã, quando o capitão Zanchi, chefe militar da expedição, veio nos informar que estávamos no local selecionado. Ondulação "média". Podemos ver agora o que isso significava.

Certamente, para um navio de guerra ou para um porta-aviões, o mar não era realmente ruim: era melhor do que dois dias antes. Mas todos nós tínhamos o mesmo pensamento exatamente o mesmo: deveríamos poder fazer as verificações finais? Será possível a operação?

Era possível, porque todos os trabalhadores do estaleiro que estavam conosco - eletricitas, mecânicos, montadores, engenheiros - metamorfosearam de repente em marinheiros maravilhosos. Todos juntos, éramos uma tripulação unida; tivemos apenas um pensamento: ter sucesso.

Jacques deu o sinal, e tudo seguiu com rigorosa precisão. Os barcos foram lançados. Na ordem do capitão Zanchi, ninguém podia deixar o Tenace sem colocar um colete salva-vidas. Depois de colocar o meu, eu desci na pequena escada do porto e tive que esperar até que o movimento ascendente e descendente das ondas fosse bom o suficiente para me deixar entrar para o lançamento.

Quando cheguei ao batiscafo, surgiu a dificuldade de se levantar no convés. Felizmente Jacques já estava lá: ele estendeu a mão, e tornou possível para eu subir a bordo. No Trieste, Salvio e Traetta se certificaram de que tudo estava em ordem. Nós fomos para a fechadura: antes de entrar na cabine, não havia tempo para fazer as últimas despedidas - eles teriam sido inúteis, como deveríamos nos ver novamente em breve. O trabalho em comum continuou. Enquanto a marinha e os nossos amigos montaram a guarda na superfície, poderíamos sair com total confiança para o abismo. Tudo correu bem: o rolamento cessou. O batiscafo entrou em seu elemento: entrando no reino da eterna calma, desceu. A pequena luz do tacômetro piscou: traço, ponto; traço, ponto: nós estávamos indo para baixo. Além das vigias, a luz diminuiu, os últimos claros azulados desapareceram. Mais baixos, apareceram os primeiros animais fosforescentes. 508 braças, a profundidade alcançada por Beebe e Barton em 15 de agosto de 1934. 594 braças, a profundidade que atingimos há cinco semanas de Capri. A lâmpada vermelha do tacômetro pisca cada vez mais rápido: nossa velocidade estava aumentando; e isso também foi mostrado pelo contorno da linha traçada no barógrafo. Este era o momento de não fazer o balão? Mais uma vez, se o objeto do nosso mergulho tivesse sido observar a fauna, não deveríamos ter hesitado em fazê-lo: imóvel na água, as condições seriam ideais para a observação. O peixe certamente não seria suspeito de um corpo inerte: devemos levá-los com o Hght do nosso projetor e poder fotografá-los. Mas hoje queríamos provar acima de tudo que nosso batiscafo era um verdadeiro submarino abissal. O que era mais, não teve um minuto a perder: se o meteorologista nos desse uma previsão confiável, em poucas horas, as condições na superfície se tornariam pior. Naquela calma absoluta, era difícil imaginar uma onda, mas não esquecemos a violência daqueles que quase nos impediram alguns momentos antes, de chegar ao baralho do Trieste.

A lâmpada vermelha piscou; O barógrafo continuou a rastrear sua linha curva. 748 braças, a profundidade alcançada por Barton em 1948 em seu batisfera. 759 braças, a profundidade alcançada pelo FNRS j no mesmo ano durante o seu mergulho sem

tripulação nas Ilhas de Cabo Verde.

Quando Sven Hedin, explorando o Tibete, queria continuar sua jornada para Lhasa, os nativos tentaram proibir-lhe a estrada: a proibição era estrita: nenhum estrangeiro foi admitido na cidade sagrada. Sven Hedin não ficou impressionado com isso e respondeu: "Nossa lei em casa nos proíbe de seguir nossos passos antes de chegarmos ao nosso fim, portanto, devemos continuar". E os tibetanos, superados de admiração, deram lugar. Nós também fomos no nosso caminho: o tempo passou rapidamente. Às vezes eu assisti na vigia enquanto meu filho observava os instrumentos, às vezes mudamos de lugar. Os recipientes de soda-lima pertencentes ao aparelho que renovam o ar, através dos quais podemos respirar, tornam-se mais quentes no curso natural, pois absorvem o dióxido de carbono. O calor atinge a abertura primeiro, depois o centro, depois a extremidade do recipiente, enquanto a outra extremidade já ficou novamente a frio, saturada de gás carbônico. Em breve devemos mudá-los. Tivemos uma ampla reserva à nossa disposição na nossa "adeaga", no bunker equipado com o piso.

1150 braças! Foi a partir dessa profundidade que, em 14 de agosto de 1953, o FNRS j, tripulado pelo capitão Houot e o engenheiro Willm, voltou sem ter visto o fundo. Neste momento, ainda temos mais de 550 braças de água abaixo de nós. De repente, lembrei-me do dispositivo de Santos-Dumont: "Através de mares ainda não enlouqueceram" (Por mares nunca de antes navegados).

Nós também entramos em um mar virgem. Meus sentimentos eram como aqueles que senti em 27 de maio de 1931 quando, com Kipfer, entrei na estratosfera. Mas a analogia pára para lá: aqui não havia sol nem lua nem estrelas, nada além de sombras opacas. A descida continuou. Nós diminuímos o seu ritmo jogando um pequeno balastro. 1375. braças. Estávamos a mergulhar a uma taxa de mais de um metro por segundo. Um olhar para os medidores: mais de 1680 braças. Agora era hora de jogar fora o balastro: abrindo os dois tanques, deixávamos fluir a uma taxa de mais de 4 libras por segundo. Um ligeiro balanço: era o fundo, e os medidores, em perfeito acordo, indicavam uma pressão de 325 atmosferas, correspondendo a uma profundidade de cerca de 1732 braças. Assim como da Capri, estávamos na lama, mas a grande janela não foi obstruída desta vez. Através da porta de porão na porta, pudemos ver a boca de saída do tanque de lastro traseiro: no entanto, ainda esperávamos um pouco tarde demais para desembarcar. Mas como nós poderíamos ter sabido exatamente a que distância nós estávamos no chão? Deveríamos ter tido um eco-som, que nossos meios financeiros não nos deixaram ter.

Perguntei por que nos limitamos a uma profundidade de 1732 braças. Em resposta, deixe-me lembrar a frase proferida por Akleh-ben-Nafy, sucessor de Mahomet. Depois de ter trazido seus cavaleiros ao longo da costa do norte da África, e passou os Pilares de Hércules, percebendo o oceano, que se esticou para sempre no sentido do sol, Akleh-ben-Nafy dirigiu seu cavalo para a água, brandiu sua cimitarra e chorou: "Deus é meu testemunho de que o mar sozinho me impede de continuar no meu caminho e converter ainda outros povos pelo fogo e a espada para a fé do profeta". Eu poderia, por minha vez, tirar minha regra de slide e chorei: 'Netuno é meu testemunho de que o solo sozinho me impede de abrir os oceanos mais profundos para a exploração científica.'¹ Mais uma vez jogamos o lastro. Por alguns minutos, o batiscafo não reagiu: através da vigia, assistimos as pastilhas de ferro fluir do tanque traseiro. Se nós tivéssemos muita pesada, ou a barriga era tão pegajosa quanto parecia? Na verdade, era bastante natural que um certo tempo devesse ser necessário para descarregar o lastro que tivemos para nos livrar, mas essa imobilidade no deserto submarino foi um pouco desconcertante. De repente, a água girou diante do porão: desta vez nós estávamos

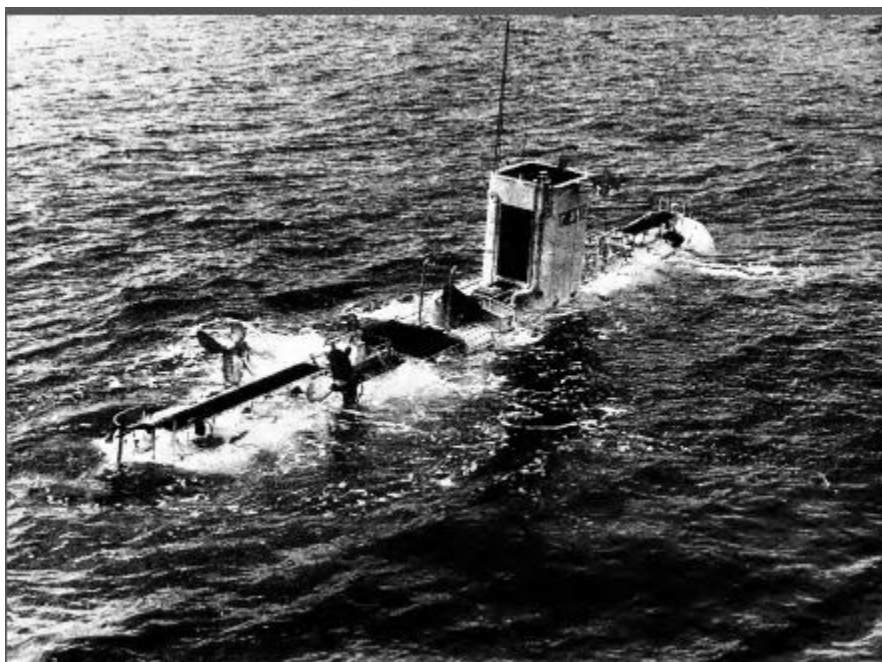
¹ O Trieste poderia, sem perigo, atingir as maiores profundidades: o objetivo é ter uma base de operações próxima ao local de mergulho.



Placa XIX Professor Piccard no topo da fechadura



Placa XX Dentro da cabine. Jacques Piccard verifica o aparelho Draeger para purificar o ar



Placa XXI O Trieste quebra a superfície depois de mergulhar para 1732 braças



Prato XXII Voltando para Castellammare após o último mergulho

aumentando e muito rapidamente. A ascensão ocorreu normalmente: animais fosforescentes apareceram e a velocidade aumentou progressivamente à medida que nos aproximamos da superfície. Os primeiros raios de luz perfuraram a camada líquida: a luz do dia tornou-se aparente, mais clara e clara. De repente, estávamos sendo jogados nas ondas, pois chegamos à superfície. O mar, assim como o meteorologista previu, ficou pior.

Até então, ainda não usávamos o dispositivo que nos permitiu esvaziar nosso eixo de entrada: para economizar nosso ar comprimido, esperamos cada vez que o Tenace conecta sua mangueira comprimida ao acoplamento na torre. Desta vez, queríamos testar nossas instalações para esvaziar a fechadura do batiscafo. Assim que estivemos na superfície, abrimos o galo do ar comprimido. A água subiu através do tubo de descarga e correu para fora em um ótimo jato. Se o bote de borracha pertencente ao Tenace estivesse por perto, nos veria soprar como uma baleia. Apenas o esconderijo esvaziou

quando ouvimos três batidas no convés. O bote chegou até nós, mas por que o telefone não estava tocando? Subimos pelo eixo e abrimos a escotilha; e ficamos surpresos ao encontrar um banho de tiro sobre praticamente todos os lugares no convés. Salvio estava apenas no ato de limpar o plugue do telefone. O que tinha acontecido ?

Evidentemente, antes de chegar ao fundo, no momento em que o batiscafo ainda estava descendo rapidamente, jogamos o lastro e o vimos escapando do tanque de lastro. Em um fluxo compacto, ele caiu mais rápido do que nós: uma vez que se espalhou por uma grande nuvem, os grãos isolados, mais lentos pela água, caíram mais devagar. Nós os superamos. Foi só quando o batiscafo chegou ao fundo que o lastro nos alcançou. Um banho de tiro de ferro caiu no convés e parte dele rolou de lá para o chão. Mas as superfícies irregulares ficaram cobertas com isso. Os eletroímãs haviam atraído uma boa parte para eles: e a tomada telefônica estava cheia deles. Isso é exatamente o que acontece em um balão. Se, enquanto o balão está descendo, um saco de lastro é esvaziado de uma só vez, a areia no primeiro permanece em massa, depois se espalha e forma uma nuvem: devido ao seu impulso, o balão continua a sua descida e atravessa a nuvem, mas Assim que o desenrolamento produziu o efeito, o balão pára ou sobe novamente; Naquele momento, uma chuva de areia cai sobre o envelope. Com base nos revólveres produzidos pelo deslocamento do balão, o carro geralmente recebe uma boa parte dele.

De pé ereto na torre do Trieste, com o seu baralho varrido pelas ondas, meu filho e eu esperamos uma lancha para nos buscar. Havia uma forte ondulação e era difícil subir a bordo do barco. Mas finalmente conseguimos e nos aproximamos do Fenice. A questão era agora como agarrar a escada do navio e pular nela sem ficar entre os pés e a borda da lancha. Não foi fácil: o barco rolou nas ondas, indo para cima e para baixo e para dentro e para fora, batendo o navio e depois se balançando. Por minha parte, achei esse cruzamento de navio para navio muito mais difícil e perigoso do que um mergulho até 1732 braças no Trieste.

O almirante Girosi e os jornalistas nos cumprimentaram com entusiasmo e imediatamente perguntaram o quão longe nós estivemos. Disse-lhes que chegamos a 1732 braças.

Do mundo inteiro, recebemos parabéns em nosso registro. No entanto, não era o que eu estava procurando: o fato de que o batiscafo havia mostrado o que poderia fazer era o suficiente para mim.

Enquanto falamos de profundidade, posso mencionar alguns detalhes. O calibre de gravação de precisão, de acordo com os dois indicadores de índice, indicou uma pressão máxima de 4620 lb. por metro quadrado (veja as Figuras 13 e 14). Em água doce a 39,2 ° F. esta pressão corresponde a uma profundidade de 1787 braças. No entanto, a água do mar é mais densa. O indicador pequeno indicou 4590 lb. por metro quadrado. Para determinar a profundidade precisamente, devemos saber, bem como a pressão, a temperatura da água e a sua salinidade em diferentes profundidades e poder calcular a sua densidade média: expressa em atmosferas, a pressão multiplicada por 5,66 e dividida pela densidade relativa

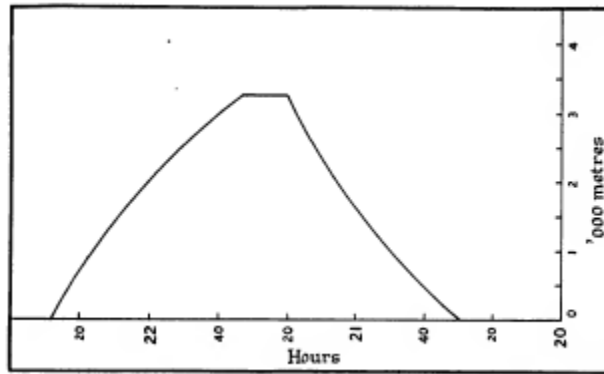


Fig. 13. Registro do mergulho de Ponza em 1732 braças (grande manômetro). Para ler o tempo, subtrai 12 das figuras à esquerda

Dê a profundidade exata em braças. Sem esses dados, tivemos que ficar satisfeitos com uma aproximação que deu 1732 braças.

O RETORNO

Poderíamos voltar diretamente para Castellammare di Stabia, mas meu filho planejava mergulhar em menor profundidade com o engenheiro de Sanctis: queria ver se a luz dos projetores era suficiente para fazer filmes. Pedimos ao capitão Zanchi que nos levássemos para Ponza e que Trieste fosse arrastado pelo tenace. O prefeito da ilha estava a bordo do Fenice. Ele informou os cidadãos de sua ilha por rádio do sucesso do mergulho e os convidou para chegar ao porto para nos receber. As despedidas que a fragata nos deu foram testemunhas do interesse que a Itália tem na pesquisa científica. Como é sabido, as saudações dadas pelos navios de uma marinha correspondem ao nível das pessoas que deixaram o navio. No momento em que meu filho e eu nos aproximamos do passarela, a equipe foi preparada no convés: o Almirante Girosi disse algo a um oficial a bordo. O último ficou surpreso:

"Essas são as honras dadas a um almirante!"

E eu ouvi a resposta:

"Almirantes do abismo, eles merecem!"

Assim, saudou seis assobios afiados, foi que dois gueixas suíças deixaram o Fenice. As autoridades da ilha e os habitantes estavam celebrando: chegamos ao nosso alojamento sob uma chuva de flores jogadas pelas janelas. Na mesma noite, fomos convidados para um jantar pelo município: o lagostar ocupou uma posição honrada em

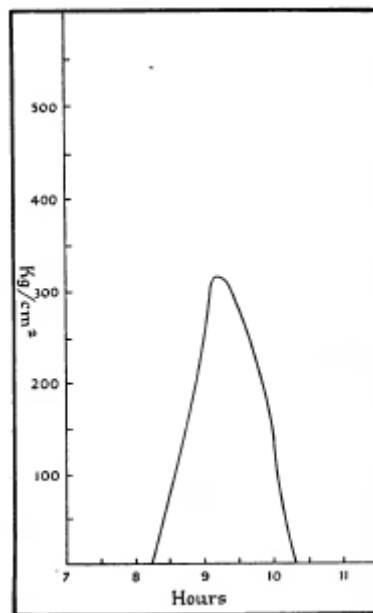


Fig. 14. Registro do mergulho Ponza (pequeno medidor de pressão)

a mesa. No final da refeição, os notáveis deixaram: disseram que tinham que participar de uma reunião para tomar decisões importantes. Resultado: dois novos freemen honorários de Ponza naquela noite aproveitam um merecido descanso. No dia seguinte, a bordo do Tenace, deixamos a ilha. O município nos apresentou a espada de um espadachim como uma lembrança: este troféu digno de um museu de história natural havia sido trazido do Mar Vermelho por um pescador de Ponza.

O Tenace agora estava correndo ao longo da Ilha de Ischia: lá era que meu filho, com de Sanctis, realizava o mergulho pretendido para 357 braças. "Para não perder o hábito!" ele disse. Este julgamento me causou uma impressão muito maior do que as descidas em que eu mesmo participei. Para isso, uma vez eu tive que desistir da minha casa no batiscafo, já que a cabine seria muito pequena para três pessoas mais uma 35 mm. cine-camera. Eu estava presente na série de operações preparatórias: até então eu os conhecia apenas ouvindo as ordens dadas pelo telefone.

Quando tudo estava pronto, as esclusas dos tanques de ar foram abertas, e o batiscafo afundou. A torre estava a meio do caminho quando os dois últimos marinheiros que a tinham mantido mergulharam na água e nadaram de volta ao puxão. As antenas, então as duas bandeiras que flutuam no mastro, afundaram por sua vez. O Tenace e o Fenice se afastaram. O lugar escolhido, situado ao sul de Ischia, está fora das rotas marítimas: mas o vento e as correntes nos levaram para a ilha. Pouco depois o Trieste desapareceu, quando as embarcações apareceram em ambos os lados. A toda velocidade, a Fenice foi encontrá-los para pedir-lhes para retirar.

Finalmente, à distância, surgiu o Trieste. Mas por que o bastão estava dobrado. "Por que o baralho subiu mais do que o habitual? Quando eles surgiram, meu filho e de Sanctis nos contaram o que aconteceu. Durante a descida, todos seguiram de acordo com o programa e o batiscafo pousou suavemente no fundo em 357 braças. Mas durante a subida, um gás sufocante invadiu a cabine.

Jacques sabia o que tinha que fazer. Se a água do mar entrar em um dos casos contendo os acumuladores, o cloro é liberado. Várias equipes submarinas foram vítimas deste gás tóxico. Embora ele não conseguisse detectar qualquer vazamento de água, ele decidiu ascender o mais rápido possível. Ele agarrou a alça do interruptor: todo o lastro caiu e o

Trieste subiu a toda velocidade: sua taxa de subida excedeu a velocidade crítica de que falamos (página 122). Sem um pára-queda, o batiscafo foi violentamente abalado: a amplitude das oscilações atingiu 45 °.

Em 1948, perto das Ilhas de Cabo Verde, quando o piloto automático iniciou o desembarque geral em 789 braças, o mesmo aconteceu com o FNRS 2 e a antena do radar foi quebrada. Hoje, o tapete de Trieste estava dobrado, uma prova da violência das oscilações. Felizmente, sendo feito de alumínio macio, não quebrou, caso contrário, devemos ter perdido as duas bandeiras. Até agora, nos haviam acompanhado em todos os nossos mergulhos, dobrados e colocados na cabine. Mas hoje, para a última descida do ano, nós os levamos ao mastro.

Uma inspeção minuciosa da cabine não explicou a liberação do gás. Nós supusmos que a câmara era responsável por isso. Seu motor elétrico funcionou mal. É provável que, após um curto-circuito, um de seus materiais isolantes foi superaquecido e a decomposição da resina sintética produziu o gás sufocante. No espaço restrito da cabine, uma coisa muito pequena é suficiente para envenenar o ar. No momento do acidente, um gravador estava funcionando. Podemos ouvir sobre isso, distintamente, as respirações ofegantes de meu filho e de Sanctis.

Tudo fica bem quando termina bem !

Realizada pelo Tenace, o Trieste voltou para Castellammare: o mar estava calmo, e como era o último reboque, nós nos levantamos. Com 6 nós, Trieste se comportou magnificamente, graças à nova quilha. A noite já havia caído quando chegamos a Castellammare: barcos iluminados vieram até nós e fogos de artifício iluminaram o céu. Uma grande parte do pessoal da 'Navalmeccanica' estava lá para nos receber. A pequena cidade era em fête: o batiscafo, em cuja construção a população ocupava uma parte tão grande, voltou para o seu porto de origem.

Durante os dias seguintes, o município organizou uma recepção, nos apresentou um diploma como homens livres honorários e depois deu uma procissão nas ruas da cidade. Em breve, voltamos para a Suíça e nossa aldeia de Chexbres, acima do Lago de Genebra, à beira dos vinhedos Vaudois. Lá também, uma calorosa recepção nos aguardava, e ficamos surpresos ao ver nosso sindicato, nosso pastor e todo o conselho da comuna, com um gendarme e um horticultor em sua companhia, reunir-se diante da nossa villa e me apresentar um lindo cedro azul. Plantamos a árvore. Possui uma placa em memória de 30 de setembro de 1953, uma marca emocionante de nossos amigos de Chexbres.

Aqui estamos agora na primavera de 1954. O Trieste dormiu todo o inverno nos estaleiros de Castellammare di Stabia. Não é que ela não tivesse a vontade de viajar. Mas, para levar em consideração as melhorias que, por si só, justificariam novos mergulhos, o dinheiro contribuído ainda era insuficiente. Nosso desejo, o meu filho, bem como o meu, era voltar ao nosso trabalho o mais rápido possível e colocar nosso banho à disposição dos oceanógrafos e de todos os cientistas interessados nisso. *

* No outono de 1954, meu filho fez alguns mergulhos com vários cientistas.

PARTE TRÊS

NO FUTURO

1: o que o golfinho nos ensinou

Todos aqueles que navegam no Atlântico viram escolas de golfinhos brincarem perto de seu navio. Eles mergulham e emergem: você pensaria que estavam em jogo. Então, desaparecendo, eles nadam em direção ao navio. De cima no arco, pode-se vê-los atirando logo abaixo superfície. Antes da haste, levando o navio por apenas alguns metros, Eles se deslocam, lado a lado, longe o suficiente para que a água não seja batido pelo navio. Uma coisa nos atingiu imediatamente: nadar no velocidade dos Scaldis, eles não pareciam fazer o menor esforço.

Agora estávamos nos movendo em nós. Mesmo que a velocidade fosse dupla ou aguda, os marinheiros me disseram que os golfinhos ainda nos acompanhariam sem dificuldade. Seus movimentos eram quase imperceptíveis: embora estivessem nadando perto da superfície, eles não produziram ondas. Isso prova que a energia desenvolvida por eles é muito pequena: eles devem, portanto, ter uma forma hidrodinâmica muito eficiente. Sabemos que todo corpo que se move na água deve superar uma certa resistência. A energia necessária, em geral, aumenta com o quadrado da velocidade. A maior parte da energia gasta é perdida nas ondas produzidas.

Um experimento é chamado: se alguém faz um modelo, em cera de parafina, por exemplo, tendo exatamente a forma do golfinho, e é rebocado através da água por meio de um fio, pode-se esperar que este modelo também se moveria sem resistência e sem causar ondas. Mas Este não é o caso. A resistência encontrada é considerável e as ondas são produzidas. As ondas e os redemoinhos nos mostram onde a energia transmitida pelo nosso fio passa e se perde. Não copiamos nosso modelo vivo com cuidado suficiente, o corpo magro que termina em uma cauda de peixe? Esse não é o problema. Todas as tentativas feitas para copiar os melhores nadadores, como por exemplo a truta, deram o mesmo resultado: mas a truta é a mesma habilidade e pode se mover perto da superfície sem produzir um sulco. Mas o fenômeno é mais fácil de observar no golfinho, que tem o curioso hábito de ir à frente de um navio. Qual é, então, o segredo e o mecanismo exato do deslocamento desses nadadores?

Deixe-nos observar um pouco mais de perto o que acontece quando qualquer corpo é movido através da água. Não é certo que os redemoinhos se formem em qualquer lugar determinado ou instantâneo. Mas o mais pequeno deles, ainda em estado embrionário, tem a capacidade de desenvolver e crescer. A água ao lado do navio está, portanto, em uma condição instável. Para entender o que queremos dizer com isso, vamos estudar um pouco mais de perto um experimento com o qual todos estão familiarizados.

Deixe-nos colocar uma longa cana verticalmente em seu ponto. Sabemos que, necessariamente, não demorará a cair: e cairá nessa direção em que se inclinava originalmente. Se tivéssemos podido colocar o seu centro de gravidade exatamente acima do ponto de repouso, ficaria ereto indefinidamente. Sabemos que é impossível alcançar esta posição perfeita de equilíbrio. A menor excentricidade inicial aumenta rapidamente, como uma avalanche correndo pela montanha.

No entanto, podemos ver em qualquer circo um malabarista mantendo em perfeita imobilidade uma cana longa no final do dedo. Imobilidade perfeita? Se olharmos atentamente, observaremos que sua mão está fazendo pequenos movimentos continuamente. É evidente que esses movimentos compensam os menores defeitos de equilíbrio.

Cada um de nós poderia, com algum treinamento, repetir o experimento com mais ou menos sucesso. O que o malabarista faz com a cana que o golfinho faz com a água. Um redemoinho está se formando e tende a se desenvolver e crescer, mas o golfinho intervém. Um movimento muito leve da sua parte é suficiente para organizar as coisas. Uma fração de segundo depois, isso seria impossível: o redemoinho teria crescido e se tornaria incontrolável. A analogia é perfeita: se o malabarista tivesse esperado até que a haste se inclinasse muito em uma direção, ele não poderia trazê-la de volta ao equilíbrio. Começamos a ver o segredo do golfinho. Ele deve ter sob a pele nervos de extrema sensibilidade, que funcionam como manômetros, e por meio do qual ele percebe o menor sinal de um redemoinho em desenvolvimento. Então, com um movimento bem sincronizado de sua pele, ele neutraliza o redemoinho mal formado. As finas correntes de água deslizam ao longo de seu corpo e coletam novamente atrás dele. A pressão que, necessariamente, é exercida sobre sua cabeça é compensada pela produzida pelas finas correntes de água produzidas em sua cauda. Marsilhas, golfinhos e trutas não conhecem a teoria que acabamos de explicar. Reflexões e instinto com Eles tomam o lugar da matemática superior.

O designer naval pode tirar conclusões práticas da ensinamentos do golfinho? Estou tentando a responder afirmativamente.

Um vaporizador transatlântico quando se desloca gasta uma força de algumas dezenas de milhares de potência de cavalo que é um resíduo puro: podemos ver facilmente onde essa energia está indo. De fato, se no arco as correntes de água se separarem em ordem razoavelmente boa para permitir que o casco passe, eles são unidos novamente atrás em grande desordem e o curso do navio é marcado através de milhas de oceano pelo turbilhão de águas que tem produzido.

Esses revoltas são inevitáveis? As correntes de água poderiam, no entanto, se realmente quisessem, junte-se novamente atrás do navio de acordo com as mesmas leis que observaram ao se separarem. Aqui está um magnífico campo de pesquisa para o engenheiro naval. Para copiar o golfinho, há um problema que é simples de propor. A solução talvez seja difícil de encontrar, mas provavelmente não é impossível.

Eu poderia imaginar, por exemplo, um navio, cujo casco seria coberto com uma membrana de borracha, sob a qual um grande número de medidores de pressão seriam descartados. O menor redemoinho em sua origem afetaria esses instrumentos. Essa percepção é transformada em corrente elétrica e transmitida para uma estação central, o cérebro eletrônico do navio que analisa todos esses impulsos e determina o movimento que a "pele" do navio deve ser feita para executar para cancelar o mais leve remolino em é a sua origem. Para determinar o que é necessário fazer é a parte mais delicada do problema. Pois, uma vez que isso seja resolvido, o cérebro eletrônico poderá, sem dificuldade, enviar correntes elétricas de força adequada a pequenos eletroímãs dispostos em grande número entre os manômetros, de modo a rodudir reações bem organizadas na "pele" do navio.

Na prática, devemos começar nossos testes com um navio de superfície ou um submarino? Eu deveria escolher o submarino sem hesitação. De fato, a fronteira superficial entre o ar e a água apresenta grandes dificuldades, dificuldades que mesmo o golfinho não conseguiu superar. Nós vemos o golfinho se movendo majestosamente em frente ao nosso navio logo abaixo da superfície. Observamos os movimentos lentos de suas nadadeiras e os enrugamentos delicados, aparentemente não sistemáticos, de sua pele: sabemos que são estes últimos que impedem os remédios. Mas o golfinho é um mamífero: de vez em quando ele deve colocar as narinas fora da água para respirar. Imediatamente, algo dá errado: o sistema está desordenado; há chuvas de spray; A água gira em volta do animal. Que energia se dissipa! Mas um instante depois, o golfinho

domina a situação, e mais uma vez o vemos deslizar pela água em perfeito calma. É, portanto, o submarino que devemos escolher para a nossa primeira tentativa. Por enquanto, deixe-nos libertar a nossa imaginação. É o que o capitão Nemo inventará amanhã.

Estamos em Le Havre. O Dolphin, o primeiro passageiro submersível, está no cais, pronto para iniciar sua viagem inaugural. Ela vai atravessar o Atlântico. Os passageiros estão se movendo nos salões e cabines. Nós descartamos: um leve rolamento é sentido. A previsão do tempo não é muito reconfortante. Um passageiro tímido está se perguntando como ele vai suportar o arremesso e inchar no alto mar. O mordomo adivinha como ele está se sentindo.

* Não se preocupe, você não sentirá absolutamente nada. No momento, estamos sendo rebocados para fora do porto ... estamos mergulhando agora. Olhe para esta pressão auge: já temos 27 braças abaixo. Você sente o menor movimento?

"Não, na verdade, é absolutamente calmo."

"Essa calma durará até chegar às estradas fora de Nova York. Aqui está o tacômetro. Você pode ver que estamos indo em 60 nós. 'Como isso é possível? Para levantar essa velocidade, você precisaria de um motor de enorme poder. Suas taxas são mais baixas do que as dos vulcões comuns.

"É natural que possamos dar-lhe taxas inferiores às dos nossos concorrentes. O Dolphin tem um motor de baixa potência e, além disso, pode fazer dois cruzamentos enquanto os outros estão fazendo apenas um. E, finalmente, uma vez que nossa viagem não dura dois dias, nossos passageiros não exigem muito conforto como em um vapor de luxo. Não temos nem um solário nem uma piscina para banhos.

"Mas essa travessia deve ser muito perigosa. Podemos encontrar um submarino naval cujo horário é desconhecido para você.

' Você vê essa tela luminosa?

' É uma tela de televisão?

' Não, é uma ecosonda. Você sabe que o radar não pode ser usado sob a água. Mas por causa das ondas ultra-sônicas que emitimos, cada navio - ao refletir-se - mostra-se por um ponto branco, e isso acontece assim que está a menos de 3 milhas de nós. Podemos determinar sua situação exata pela posição do ponto branco na tela. E aqui, você vê, a distância que nos separa do fundo do mar é continuamente indicada. Assim, você não precisa ter medo de encontros desagradáveis.

" É realmente maravilhoso. Mas uma palavra mais sobre o motor. Você me disse que era bastante pequeno, e ainda assim você mencionou uma velocidade de 60 nós.

Os dois se mudam para o outro lado da sala de controle.

'Aqui está.'

"Mas é um brinquedo! E o que está neste armário?

"É o nosso cérebro eletrônico. Neutraliza, no próprio momento de sua origem, todos os redemoinhos que podem surgir ao longo do casco, de modo que a resistência que produzimos seja quase nula. E então, este pequeno motor é mais do que capaz de manter nossos 60 nós.

"Tudo isso é impressionante, realmente super-humano. Quem inventou esse milagre?

"No salão grande, você não percebeu uma pintura marinha mostrando um golfinho cortando as ondas. Estava sob sua direção que nossos engenheiros projetaram esse novo submarino que tem seu nome."

2: O Mesoscafo o helicóptero submarino

É muito natural que os oceanógrafos desejem expandir suas investigações para maiores profundidades marinhas. Não há dúvida aqui de uma "psicose dos registros": eles simplesmente querem saber tudo sobre o mar. Os banhos de banho FNRS 3 e Trieste, quando deram acesso a profundidades de duas ou três milhas, deram aos oceanógrafos meios de exploração desconhecidos até este dia. Com mudanças relativamente simples, seria possível até mesmo construir batiscos que poderiam descer até seis milhas ou mais, para alcançar o fundo das trincheiras mais profundas conhecidas.

Mas, como diz um velho provérbio, por que puxar pardais com canhão? Ainda há muito a ser descoberto nas primeiras duas milhas das profundezas oceânicas. Se não queremos aprofundar, é realmente necessário construir um bathyscaphe dotado de uma cabine pesada e com um flutuador que deve ser cheio de gasolina, ou mesmo uma banheira, sustentada por um cabo?

Nós somos obrigados a ter a cabine se desejarmos descer mais do que as várias dezenas de metros acessíveis ao mergulhador livre: isso é claro. Mas se o objetivo de nossas pesquisas se limitar aos primeiros 1000 braços de profundidade do mar, as pressões que governam nesta zona podem ser suportadas por uma cabine menos forte e, portanto, mais leve do que a do FNRS 2, o FNRS 3 ou o Trieste. E se a cabine com todo o seu conteúdo for mais leve que a água, nosso aparelho pode sustentar-se sem usar o flutuador do bathyscaphe ou o cabo do bathysphere: até será necessário providenciar um arranjo para que possa afundar-se a água. Para uma máquina desse tipo, adequada para profundidades médias, gostaria de dar o nome do mesoscaphe.¹

Em seu próprio reino, o mesoscaphe deve ser o mais móvel possível. Deve, acima de tudo, ser capaz de subir e descer um grande número de vezes sob seu próprio poder. Pode-se, obviamente, dar-lhe um pequeno tanque de gasolina e de lastro libertável, imitando o antigo balão livre e o bathyscaphe. Mas podemos fazer melhor: vamos desistir da gasolina inteiramente. Deixe-nos equilibrar ou equilibrar o mesoscaphe de forma a torná-lo um pouco mais leve do que a água deslocada e fornecer-lhe uma grande hélice com um eixo de rotação vertical correspondente

¹ *Do mesos grego: meio; scaphos: navio.*

ao rotor principal de um helicóptero, que irá comunicar a ele uma força vertical direcionada para baixo. Assim, nosso mesoscaphe será um verdadeiro helicóptero no reverso. Ele vai cair sob o poder de sua hélice. Ele alcançará o equilíbrio em algum lugar próximo ao fundo, diminuindo a velocidade de rotação de sua hélice e, para subir lentamente, será suficiente para que ele pare seu motor.

Para evitar a situação em que a reação da hélice faria com que o mesoscaphe se voltasse em seu próprio eixo, poderíamos fornecer duas hélices de helicóptero girando em direções opostas ao estilo dos grandes helicópteros aéreos. Penso, no entanto, que seria melhor dar, como os bathyscaphes, duas pequenas hélices laterais com eixos horizontais, girando normalmente em direções opostas e equilibrando o torque da grande hélice. Regulando a velocidade de rotação dos dois pequenos parafusos, o piloto poderá dirigir o navio e movê-lo em todas as direções horizontais.

Uma vez que a grande hélice não suporta o aparelho, mas dá-lhe o poder de afundar, uma quebra do motor seria sem consequências graves: ele levaria automaticamente o mesoscaphe de volta à superfície.

No entanto, se o objetivo específico é explorar o fundo do mar, não há nada que nos impede economizar nossa energia elétrica durante a descida e até mesmo descer muito

mais rápido do que a hélice é capaz de. Para este propósito, vamos colocar a bordo nosso pequeno submarino alguns balastos soltos, assim como é feito para seus grandes irmãos, os batiscafos.

Como a cabine por si só mostra muito menos resistência à água do que o flutuador do batiscafo, será suficiente ter à nossa disposição uma quantidade relativamente pequena de lastro. À medida que se aproxima do fundo, o piloto lançará ao mar apenas uma parte do lastro, de modo a estabilizar sua máquina da maneira mais exata possível. As manobras verticais durante as observações poderiam então ser conduzidas com um consumo muito pequeno de energia elétrica pela grande hélice. Para a viagem de regresso, será possível lançar todo o lastro ao mar, para subir rapidamente.

Todo o mesoscaphé, totalmente equipado, pesaria cerca de 5 toneladas. Qualquer pequeno navio de carga poderia então transportá-lo facilmente, lançá-lo e levá-lo de volta a bordo, o que reduziria muito o custo de operação em comparação com as despesas de uma expedição com o bathyscaphe.

Quanto à cabine, poderia ser feito de aço como o dos banhos de banho, talvez também em uma liga leve de alumínio e magnésio. Isso seria fácil de calcular. Mas seria muito melhor construí-lo inteiramente em plexiglás transparente. Este material é menos forte do que o aço, e devemos ter que dar uma espessura maior às paredes. Mas o plexiglás é mais leve do que o aço: a gravidade específica é de apenas 1-19. 100 cu. em plexiglás na água do mar pesa apenas -607 lb, enquanto essa quantidade de aço pesa 24-59 It).

Tal cabana, construída para descer até 1100 braçadeiras, teria maior elevação estática do que uma cabine de aço com a mesma resistência e o mesmo diâmetro interno. Poderia transportar um motor mais poderoso e uma bateria de acumuladores do que a cabine metálica.

Mas - e isso é o mais importante - sendo tão transparente quanto o melhor vidro, apresentaria uma maravilhosa vista panorâmica para os observadores. O observador já não seria obrigado a consertar o olho para uma pequena porta que ele só pode ver uma pequena parte do ambiente. Ele viveria no meio do mar, e poderia deixar seu olhar roer em todas as direções como o mergulhador livre, o sapo. O simples pensamento de tal mergulho estimula a imaginação. Como será a realização?

Aqui surgem algumas questões técnicas. A nossa visão não seria distorcida pela refração da água e do plexiglás? A resposta é simples: a água se tornaria como uma lente côncava, e os olhos aplicados na parede da cabine ficariam um pouco longos. Um óculos de um terceiro dióptrico seria suficiente para fazer a correção necessária. Se alguém se afastasse da parede, seriam produzidas certas distorções de visão. Mas isso não seria desagradável. Na antecâmara do Trieste, olhamos (a profundidades rasas) através da grande janela redonda em plexiglás, a curvatura desta janela sendo o dobro da da cabine. Os objetos naturalmente pareciam encolhidos na direção horizontal, mas essa deformação era praticamente imperceptível.

Para calcular a força de uma cabine de plexiglás não é fácil, pois este material sustenta com segurança pequenas deformações além do limite elástico (o que, além disso, é uma grande vantagem em nosso caso). Seria necessário, antes de construir a cabine real, proceder a inúmeros testes com modelos submetidos a altas pressões. Somente após essas pesquisas laboratoriais, podemos determinar definitivamente a profundidade possível para alcançar e a espessura necessária para as paredes da cabine.

Finalmente, a questão da possibilidade de sua construção deveria ser examinada de perto. Provavelmente seria impossível executá-lo em dois grandes hemisférios, como eu tinha feito para a cabine que está em uso no momento no FNRS 3. Nesse caso, a cabine seria subdividida em um número maior de peças. Seria possível, por exemplo, substituir

os dois hemisférios por duodécima-décima segunda de uma esfera, exatamente igual e colada ou soldada. Seus contornos seriam a projeção central na esfera dos doze pentágonos de um dodecaedro regular. As trinta articulações seriam superfícies planas. Nessas condições, as articulações entre os doze pentágonos esféricos não diminuiriam de forma alguma a força da cabine. A bula seria cônica, cortada em uma dessas doze peças. Seria fechado por uma porta também sob a forma de um tronco cone: esta porta, estando em plexiglão, não diminui de forma alguma a força da cabine. Outra solução também deve ser considerada: construir a esfera de um grande número de anéis juntos. Esta construção seria naturalmente mais simples. No entanto, as juntas entre os anéis, desta vez sujeitas a cisalhamento, teriam que ser perfeitas em qualidade. Tudo importante, o mesoscaphé, como o bathyscaphe, seria totalmente seguro. Sua operação científica seria menos dispendiosa do que a dos bathyscaphes, e daria melhores resultados a essas profundidades às quais a força do plexiglás permitiria que ele descesse. Se circunstâncias, financeiras e de outra forma, não me permitem construir este novo aparelho, espero que algum dia alguém seja encontrado para levar meu projeto à mão e levá-lo a uma conclusão feliz.

3: A Oceanografia do Amanhã

Foi o balão estratosférico que, em primeiro lugar, possibilitou o estudo de raios cósmicos a uma grande altitude. O progresso dos aparelhos automáticos, no entanto, em particular os da esfera eletrônica, é hoje o fato de que os balões de som substituem as observações diretas na alta atmosfera.

Entretanto, alguns domínios de observação de que falamos são reservados ao balão tripulado, especialmente quando se trata de observações astronômicas, onde um instrumento deve ser apontado para um corpo celestial.

Observamos a mesma evolução em relação à observação de grandes profundidades. As câmeras, operadas automaticamente, são enviadas para baixo, que levam aleatoriamente milhares de fotografias durante um único mergulho. O desperdício de filmes é enorme, mas, se, considerando tudo, uma fotografia em mil é utilizável, custa menos do que se alguém a tivesse tomado em um bathyscaphe.

Há também televisão submarina: o observador, instalado em um barco, segue em uma tela eletrônica as cenas que o aparelho, suspenso para um cabo, transmite de baixo: quando aparece uma cena interessante, a libertação simples de uma captura, funcionou. No barco, é suficiente para configurar a cine-camera.

O domínio a estudar é tão vasto e tão emocionante que esses instrumentos nos prometem uma colheita fascinante. Mas nenhum autômato substituirá o bathyscaphe quando for importante estudar cuidadosamente um objeto particular. Só pode mover-se de forma a fotografar o que o navegador pode ter descoberto a partir do melhor ângulo e nas condições mais favoráveis.

Há também um grupo de observações que escapa completamente ao olho fotográfico; Esse é o estudo das luzes fracas produzidas pelos animais fosforescentes e vegetação. Os astrônomos sabem bem que os corpos celestes que produzem a menor luz são visíveis apenas para a câmera e depois somente durante exposições muito longas do filme. Muitas vezes, o telescópio fotográfico deve seguir uma região do céu por horas, e mesmo por noites, para os fracos raios de luz de uma estrela distante a serem adicionados em cima do prato fotográfico. Nossa retina, pelo contrário, tem uma memória curta: se ela adiciona impressões luminosas, é apenas durante as frações de um

segundo. Se um fenômeno durar apenas um curto período de tempo, o olho é, portanto, muito mais sensível do que o filme. Vamos dar como exemplo as estrelas cadentes, que devem ser estudadas inteiramente pelo olho. Somente os mais brilhantes podem ser fotografados.

O mesmo se aplica aos animais submarinos fosforescentes. Nós temos que vê-los nós mesmos: para tomar exposições instantâneas, eles não são luminosos o suficiente, e para exposições de tempo eles são muito móveis.

Por que esses animais são fosforescentes? Por que alguns deles são verdadeiros faróis?

É para ver sua presa? É para assustar seus inimigos? Para cegá-los? É para se reconhecer, como fazem os glowworms? É possível, também, que uma parte dessas fosforações não sejam úteis, que são simples conseqüências de reações químicas que acompanham certos processos vitais. Se caminharmos, depois da chuva em uma morna noite de verão, em nossas florestas, às vezes encontramos pedaços de madeira podre que emitem uma leve luz, engendrada pelo micélio de certos fungos: ninguém pensaria que estes pedaços de madeira ou seus convidados tenham qualquer propósito nisso.

Tantas perguntas, tantos mistérios. É só descer-nos às profundezas do mar, que podemos esperar para esvaziá-los. Que ninguém diga que essas observações são sem propósito. Ninguém pode prever os recursos que as gerações futuras encontrarão no oceano. Recordemos, por exemplo, que a natureza levou milhões de anos para decompor a matéria orgânica dos sedimentos marinhos e fazer gasolina: as altas pressões desempenham um papel nessas reações? Será que a indústria chegará a acelerá-los até tal ponto que, em vez de procurar gasolina, devemos conseguir isso?

A matéria orgânica formada anualmente nos mares é sem dúvida um múltiplo do que a agricultura produz em toda a terra. Não é impossível que um dia encontremos no mar o alimento que os campos já não podem nos fornecer. Hoje, hoje, populações inteiras vivem da pesca. Mas talvez usando o plancton mais diretamente - algas, diatomáceas e crustáceos - a humanidade vai encontrar enormes recursos nos mares, que cobrem três quartos do globo.

Ao longo deste campo de exploração, é a oceanografia que irá guiar a humanidade.

Como é isso? Eu não posso dizer. Mas o fato foi já provado muitas vezes: toda pesquisa científica mais cedo ou mais tarde dá frutos.

PARTE IV

APÊNDICES TÉCNICOS

Apêndice 1

Testes de força feitos em vigias de modelo Nossas vigias são feitas de plexiglas sob a forma de cones truncados, dos quais o ângulo do ápice é de 90° , como é mostrado na seção representada na Fig. 15. A superfície cônica repousa em um soquete de da mesma forma, usinada para uma das vigias na parede da cabine e para a outra na escotilha circular do orifício (ver esboço da cabine, página 43). A pressão do mar atua sobre a grande extremidade da peça formada como um cone truncado e empurra-a em direção ao seu assento. A estanqueidade assim produzida é perfeita, como foi demonstrado em todos os nossos testes com o modelo. Como medida de precaução, também adicionamos aos pores dos anéis de borracha dos bathyscaphes, colocados no exterior sobre a junta, de acordo com o princípio da autoclave.

A análise matemática da distribuição de tensões de tal componente talvez seja possível, se seu material fosse perfeitamente elástico, mas acho que ainda seria muito difícil. Mas é provável que o plexiglás seja carregado em lugares além do limite de elasticidade; uma deformação não proporcional ao estresse, ou seja, a deformação plástica do material, então desempenhará um papel importante no seu comportamento sob o estresse. Isto é, na minha opinião, a razão pela qual as vigias em plexiglas deram resultados muito melhores do que as vigias de vidro. Nessas condições, não podemos pensar em abordar o problema por teoria. Aqui estamos na presença de um desses casos em que apenas experimentos de laboratório poderão nos informar.

Seja d o diâmetro da face interior da vigia (portanto, a face pequena) e h a espessura da vigia. Sabemos que a resistência de tal peça à pressão de um líquido depende unicamente da proporção d/h , e que é independente do tamanho absoluto da peça. Podemos então proceder a testes de força em modelos pequenos, o que é importante em vista da despesa considerável que seria envolvido em testes feitos em peças de tamanho completo.

O gráfico na Fig. 15 dá uma idéia geral dos nossos testes. Da esquerda para a direita, é gravada a relação d/h de diferentes modelos. Quanto maior é, maior o estresse que ele experimentará para uma determinada pressão. De baixo para cima são registradas as pressões aplicadas durante cada um dos testes. Cada um desses testes é mostrado por uma cruz. Sob a curva mais baixa é encontrada a zona dentro da qual todos os modelos resistiram às pressões aplicadas sem manutenção de deformação permanente. O Cross No. 2 representa um teste de duração de oito horas, o cruzamento No. 3 um período duradouro

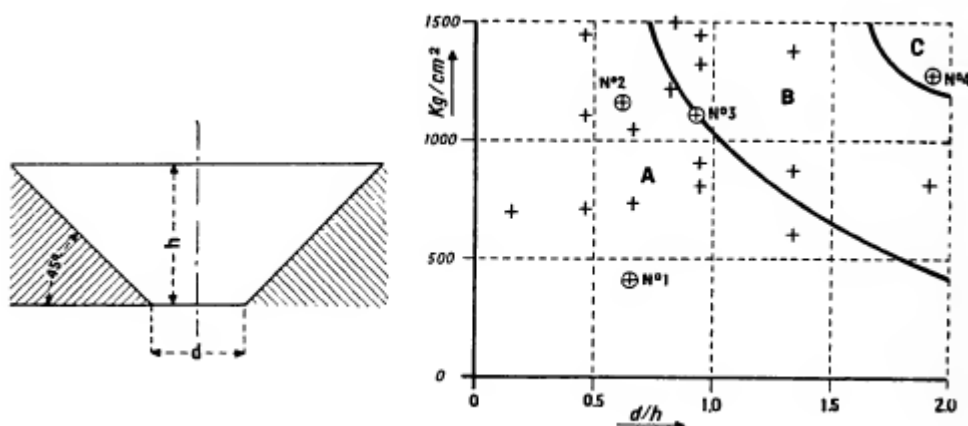


Fig. 15. Diagrama de testes de força feitos em vigias modelo

dezoito horas. Os outros testes realizados foram de menor duração. Entre as duas curvas encontra-se a zona onde o plexiglás sofreu deformações permanentes mais ou menos consideráveis, mas sem nunca ter sido quebrada, sem nunca ter deixado passar uma gota de líquido. A experiência n.º 4 sozinha, registrada acima da segunda curva, resultou na destruição do modelo. Não há dúvida, neste caso, de plexiglas ter sido defeituoso. Foi o orifício cônico na placa de aço que se espalhou no lado onde havia baixa pressão e, nessas condições, é claro que o plexiglás não poderia mais resistir. O soquete cônico foi usinado em uma placa de aço suave muito mais suave que o aço especial de nossas cabines. Como esta quebra ocorreu sob uma carga de 1270 atmosferas (correspondente a uma profundidade no mar de mais de 7-4 milhas), este teste foi muito prudente. O diâmetro interior deste modelo foi duas vezes maior que a sua espessura. ou os porcos do bathyscaphe FNRS 2 escolhi um diâmetro interior que era apenas dois terços da espessura. Cross No. i é o registro de uma dessas vigias sob uma carga de 2-5 quilômetros de água. Pode ser concluído a partir desses testes, e de um olhar para o nosso diagrama, que as vigias do Trieste e do FNRS 3 oferecem segurança total nas profundezas para as quais os nossos batiscos foram projetados. Seria interessante conhecer a pressão na qual nossos portholes seriam encaminhados. Enquanto os testes não tiverem sido feitos para pressões muito superiores a 1600 atmosferas, uma resposta exata não pode ser dada a esta questão. Ao extrapolar os resultados mostrados pelo nosso diagrama, acho que seria apenas a profundidades superiores a 12 milhas que o nosso plexiglás apresentaria uma deformação permanente. A ruptura só ocorreria em profundidades muito maiores, e não há nenhuma parte das profundidades do oceano que exceda cerca de 7 milhas.

Escusado será dizer que nossos testes com modelos são apenas conclusivos, desde que o material dos vigias reais tenha as mesmas propriedades mecânicas que as dos modelos. Agora, os modelos foram lançados de uma só peça. Para a fabricação das vigias, era necessário, para evitar o aquecimento excessivo no momento da polimerização do metacrilato, sucessivamente lançar várias camadas da matéria-prima um sobre o outro. Certificamos-se de que este procedimento foi equivalente ao de fundir uma única peça, cortando pequenas amostras do material removido durante a usinagem das vigias grandes pela Vetrocake Company. Os testes de tração realizados, por exemplo, com peças de prova cuja direção de carregamento estava em um ângulo de 45° com as camadas, mostraram que a união entre essas camadas era perfeita.

Para concluir esta pesquisa, mencionemos um fato mais interessante: se um pedaço de plexiglás estiver sobrecarregado, toda a massa fica turva; Se a sobrecarga não foi muito grande, essa nebulosidade desaparecerá com a carga. Se, pelo contrário, a peça estiver

muito sobrecarregada, a nebulosidade persistirá, mesmo após a carga ter sido liberada. Não é necessário dizer que, em nossas vigias reais, nunca observamos a formação da menor nebulosidade. Esta é mais uma razão para a nossa confiança.

Apêndice 2

Válvulas Magnéticas e Eletroímãs

O lastro do Trieste é composto de pirais de ferro fundido. Tem a aparência de bolas pequenas, bastante regulares, de um diâmetro de 1/10 in. E é obtida, da mesma forma que o disparo de pássaros, pelo resfriamento de um banho de metal fundido (ver Placa

X). É contida em duas cubas de chapa metálica com bases em forma de funil. A tubulação deste funil é mais estreita em um lugar e o tubo inferior é cercado por uma bobina. A Fig. 16 dá uma visão esquemática da válvula, onde a bobina é representada simplesmente por três voltas de um cabo. A Fig. 17 dá uma seção transversal da válvula em mais

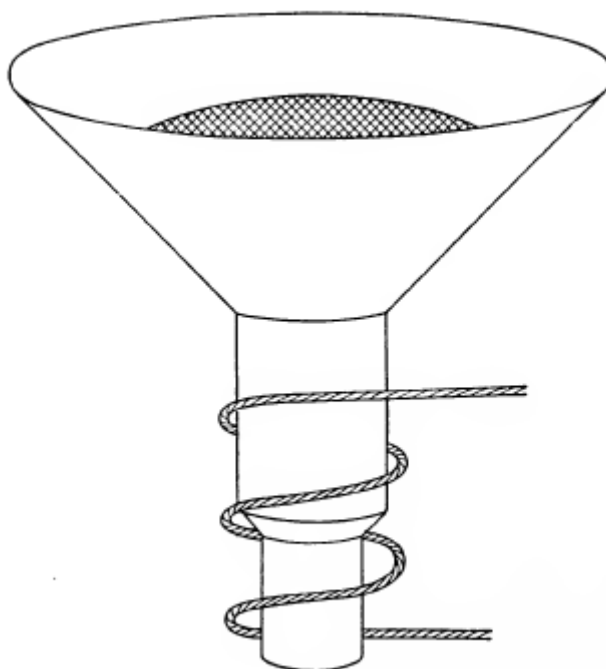


Fig. 16. Diagrama da válvula magnética

detalhe. Enquanto uma corrente elétrica percorrer a bobina d, o disparador é magnetizado exatamente onde o tubo se estreita. Desta forma, ele é transformado em uma massa mais ou menos rígida que atua como um plugue. Assim, os pellets não podem escorrer. Assim que a corrente é cortada, as pastilhas são desmagnetizadas e fluem como areia em um temporizador de ovo. É suficiente ligar a corrente para interromper o fluxo ao mesmo tempo. É claro que o princípio é muito simples.

Existe sempre o perigo de a corrente ser cortada, seja por um curto-circuito ou por um contato pobre, mas, no nosso caso, isso não teria consequências catastróficas. O lastro cairia e o bathyscaphe chegaria à superfície mais cedo e mais rapidamente do que os seus ocupantes, mas isso é tudo.

Para economizar as amperagens necessárias para produzir a magnetização, para

economizar a energia em nossos acumuladores, organizamos ao longo das linhas de força magnética do aço suave a, a, a, na forma de um tubo central, duas placas anulares e um cilindro externo. No ponto em que o tubo central se estreita, o ferro é substituído por uma substância não magnética c, plexiglás ou aço inoxidável. Assim, as linhas de força, não encontrando mais ferro sólido em sua rota, são obrigadas a atravessar os grânulos de ferro, o que tem uma permeabilidade magnética muito maior do que a substância não magnética, embora menor que a do ferro sólido.

A construção das bobinas d representa um problema delicado, pelo fato de que eles estarão na água do mar em alta pressão e que todo o perigo de um curto-circuito deve ser evitado. Abandonamos a idéia de proteger as bobinas por recipientes de aço fortes, preservando-os de pressão externa. Para dar uma proteção adequada, essa construção teria sido muito cara, muito pesada e muito complicada. Toda a bobina poderia ser colocada em um líquido isolante (como fizemos para os motores elétricos e para o tacômetro, páginas 37 e 99). No entanto, nós preferimos uma construção ainda mais simples. O enrolamento é composto por fio de cobre isolado em polietileno. Era naturalmente necessário que este isolamento não apresentasse o menor defeito em toda a extensão do fio. Graças à assistência da Marelli Company of Milan, esta condição foi completamente cumprida. Assim, a água do mar poderia penetrar entre os fios da bobina sem danos. É mesmo necessário que ele possa entrar em todos os lugares, porque se o ar permaneça preso entre as voltas sem que a água pudesse chegar a ele, a pressão da água produziria deformações no enrolamento que, por sua vez, iria comprometer a continuidade do isolamento. Para evitar todo o perigo, enquanto o fio estava sendo enrolado, interpunhamos pequenas folhas de celulóide entre as camadas e sobre o lado da bobina. Ao longo destes pedaços de celulóide, permanece um pequeno espaço livre através do qual a água tem acesso a toda a bobina.

Toda a assembléia em nenhum momento nos causou problemas. É verdade que o isolamento, para ser perfeitamente seguro, deve ser bastante espesso, o que diminui a área que o cobre pode ocupar. Isso resulta em um maior consumo de energia elétrica do que seria necessário com isolamento simples de algodão.

Esta válvula requer, é fácil de ver, um maior número de ampereturns para parar o fluxo do lastro uma vez que ele começou do que mantê-lo em posição. Para economizar a energia de nossos acumuladores, podemos continuar com uma corrente de retenção que é apenas metade da corrente empregada para parar a saída. Com isso em vista, o

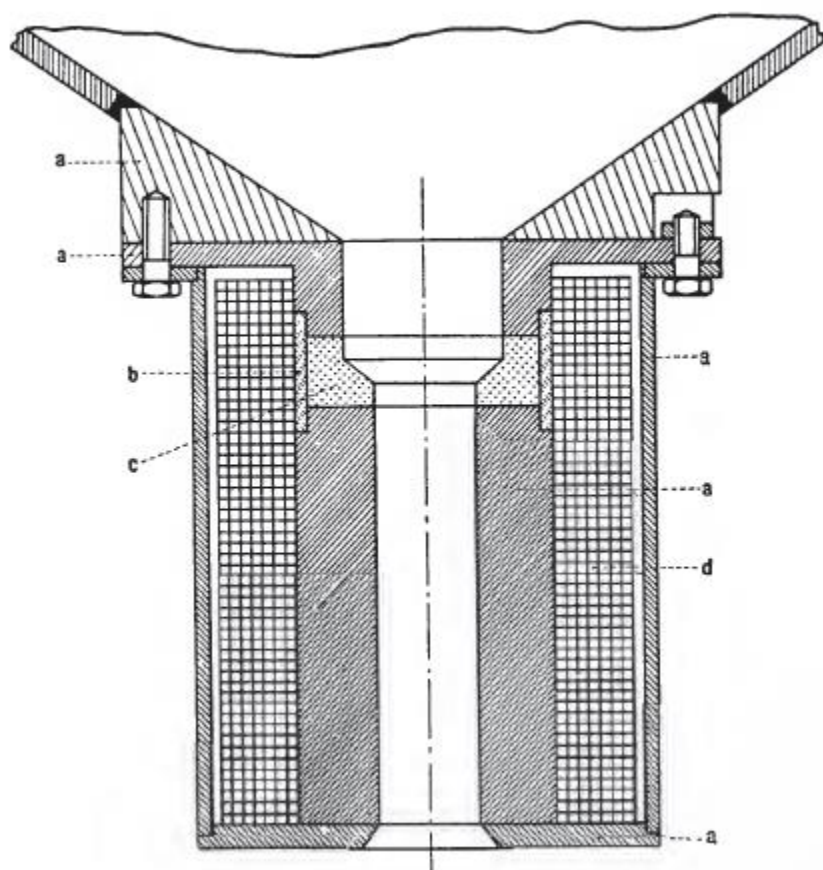


Fig. 17. Válvula magnética que controla a liberação das pastilhas de ferro
a. Banheira b. Electro-magnet c. Substância não magnética d. Bobinas

Enquanto o bathyscaphe está na superfície, não queremos usar a energia elétrica desnecessariamente. Um mergulhador, portanto, vai para baixo para fechar as bocas da válvula mecanicamente, por meio de um plugue. A remoção desta ficha, no entanto, é alcançada a partir do deck antes de cada mergulho, soltando o cabo de retenção. Posteriormente, foi elaborado um arranjo que permitiu o fechamento e a abertura da tubulação com mais facilidade e sem os serviços de um mergulhador. Estas válvulas funcionam muito bem. A prudência elementar, no entanto, exige que devemos prever a possibilidade de uma obstrução. De fato, existem diferentes possíveis causas de uma paralisação. Se os grânulos ferrugem, eles podem ser transformados em uma massa compacta, o que impedirá todos os fluxos de saída. Muito felizmente, as pastilhas de ferro praticamente não ferrugem sob a água. Mesmo depois de ter permanecido por meses na água do mar, eles são perfeitamente fluidos. Se um pouco de óxido for formado, não induz o aglomerado. Mas é bem diferente se as pastilhas de ferro úmido estiverem expostas ao ar, porque então elas são capazes de solidificar dentro de algumas horas.

O perigo da ferrugem não parece muito sério, mas como os fenômenos que observamos são, apesar de tudo, um pouco misteriosos, esse perigo não deve ser considerado inexistente. Outro tipo de paralisação poderia ocorrer, naturalmente, se, por acaso, um corpo estranho, um pouco de saque, por exemplo, fosse introduzido na banheira de lastro. Finalmente, se o bathyscaphe dirigisse muito profundamente a lama, a boca da saída poderia ser obstruída.

Embora todas essas causas de paragem possam ser bastante improváveis, devemos encontrar uma maneira de salvar o bathyscaphe, mesmo que as duas válvulas se tornem

bloqueadas. É por isso que instalamos um dispositivo que nos permite jogar ao arribar ambas as cubas juntamente com seus conteúdos. Aqui está como esta operação pode ser feita de forma confiável.

Cada banheira é suspensa por uma corrente embaixo do flutuador em um assento do último (ver Placa VI). Esta corrente passa através de um tubo que atravessa todo o flutuador e chega ao convés do bathyscaphe, onde ele está preso a um sistema de gancho e alavanca. A alavanca é mantida por um eletroímã, de tal forma que o gancho libera a corrente o quanto antes como a corrente para o eletro-ímã é cortada. Aqui, mais uma vez, uma falha na corrente elétrica não seria catastrófica, embora levaria à perda das cubas e das válvulas magnéticas. O bathyscaphe voltaria a velocidade máxima, mas sem que os ocupantes fossem expostos ao menor risco.

A Fig. 18 explica o aparelho que, no convés, segura a corrente: seu último link, de uma forma especial, é enganchado à extremidade E do pequeno braço da alavanca EACD. Não pode deslizar para a esquerda e soltar-se porque o gancho fixo J o impede de escapar. A alavanca é realizada

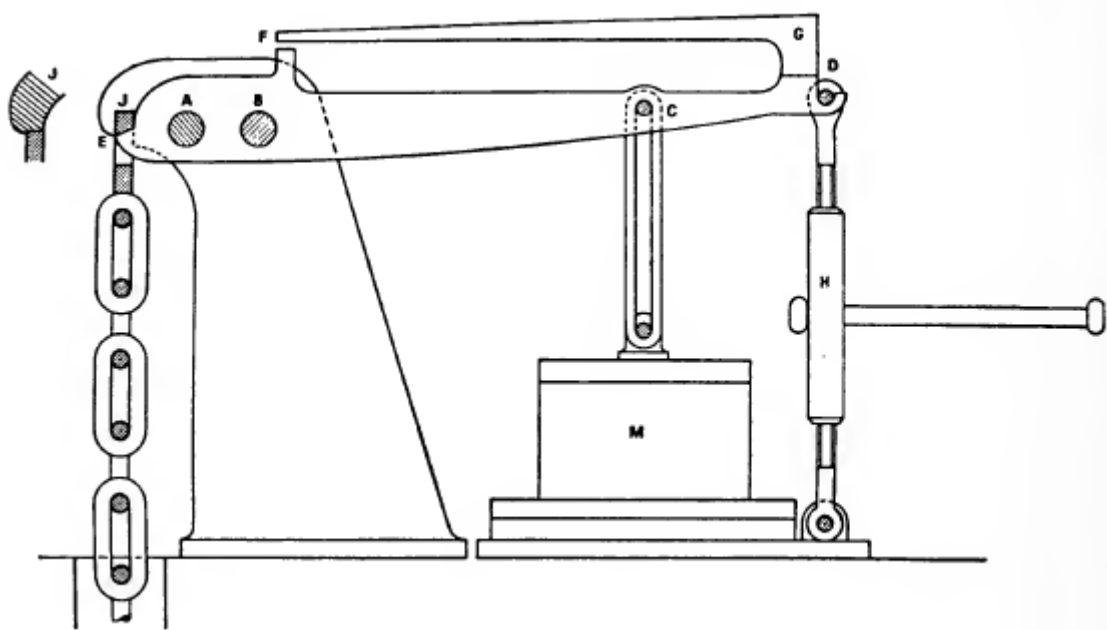


Fig. 18. Diagrama de alavanca que suporta a cuba de lastro

pelo eletroímã M. Assim que este ímã se soltar, a alavanca gira em torno de seu eixo A e a corrente é liberada.

Na superfície, podemos, para economizar a corrente elétrica, bloquear a alavanca por meio de um pino B ou por meio da chave de rotação H. O motivo desse bloqueio duplo é que, se for o pino que retém a alavanca e se o eletro-ímã não funcionar, todo o braço direito da alavanca é totalmente descarregado.

Por outro lado, se o tensor é colocado em ação e o pino é removido, então a alavanca é submetida ao efeito da carga e se desvia ligeiramente. A extremidade esquerda do braço FG então se afasta ligeiramente da alavanca. Este movimento pode ser facilmente medido por meio de uma pequena cunha graduada. Como a deformação elástica da alavanca é proporcional à sua carga, nossa alavanca faz parte de um dinamômetro. Isso nos permite medir a quantidade de lastro que é dentro da banheira. A precisão desta medida não é ótima, uma tonelada induzindo uma variação de apenas $\frac{1}{25}$ pol. Mas isso é suficiente, porque se, após um mergulho, um erro de ± 100 libras. foram feitas em nossa estimativa do lastro, não seria importante. O essencial é saber, mais ou menos, se as cubas estão cheias de grânulos ou não. Suponhamos, de fato, que, através de um

pequeno vazamento, perdemos pouco a pouco uma grande quantidade de gasolina e que a perda de elevação estática assim produzida foi compensada, sem nossa observação, pela perda perdendo pouco a pouco. Depois de um mergulho profundo nessas condições, não devemos voltar a superfície, porque não devemos ter à disposição um balastro suficiente. É verdade que a perda de gasolina deveria ter sido perceptível ao verificar o nível de água no flutuador, por meio da sirene elétrica, mas um duplo controle é valioso mesmo.

Posso permitir aqui algumas palavras sobre o assunto de um sistema de controle de lastro por uma sirene magnética, como eu havia proposto para o FNRS 3. Um pequeno eletroímã com uma caixa de ferro laminado e com um circuito magnético aberto mostra uma certa auto-indução. Se este ímã fosse mergulhado nas pastilhas de ferro, o circuito magnético seria fechado e sua auto-indução aumentaria consideravelmente. Se vários ímanes foram dispostos através do tanque de lastro, poderíamos facilmente, por meio de um instrumento elétrico adequado montado na cabine, determinar no curso de um mergulho o nível do lastro e assim calcular a reserva ainda à nossa disposição. Isso pode ser muito útil.

No momento em que o Trieste estava construindo, eu tive que fazer sem esta medida pelo seguinte motivo: queria que fosse possível, no caso de a saída ser bloqueada, para que as tinas de lastro fossem jogadas ao mar completamente. Se tivéssemos mantido essas cubas na forma de um tanque alto e alto, alojado no flutuador, o risco teria sido, no caso da lista de bathyscaphe, que a banheira ficaria bloqueada em sua habitação à medida que surgiu, devido a a alavanca exercida pelo seu comprimento. Como a necessidade de jogar ao mar, a banheira inteira ocorre acima de tudo em caso de acidente, devemos considerar a possibilidade de a lista de Bathyscaphe pesadamente. Para evitar toda possibilidade de as banheiras estarem presas em suas caixas, tivemos que construir grandes banheiras rasas, com uma folga que, mesmo que inclinada a 45° em relação ao flutuador, não pudesse ser encravada. Mas com esta forma, a altura do nível em qualquer ponto não daria as informações necessárias. Deveríamos ter tido um grande número de sondas magnéticas.

O aparelho ideal para determinar a reserva de lastro seria um medidor de tensão elétrico moderno. O princípio deste aparelho é incorporado em um fio constantan fixado ao longo de um pedaço de aço. Se o aço, quando em carga, alonga, o fio constante é esticado e torna-se mais fino e sua resistência elétrica aumenta. Os fios de Constantan seriam afixados ao longo de uma parte dos apoios da banheira. O efeito da expansão térmica do aço poderia mesmo ser eliminado usando dois fios, um colocado na parte superior da alavanca e o outro na parte inferior. Seria então necessário medir a diferença entre as duas resistências. Os ocupantes da cabine poderiam, portanto, sempre, por meio de uma ponte de Wheatstone, determinar o peso das cubas e, portanto, a reserva de lastro.

Embora existam algumas dificuldades a serem superadas, espero ter a oportunidade de trabalhar este aparelho.

O eletroímã que retém a alavanca é de forma convencional: é um ímã em forma de sino com seu eixo vertical. A Fig. 19 dá uma transição cruzada. Um dos dois pólos é constituído pelo núcleo central, o outro por um cilindro que o rodeia. Aqui estão as dimensões principais de um desses ímãs: diâmetro do núcleo, 5,25 in .; Diâmetro interno do cilindro, 7-98 in .; diâmetro externo, 9,6 in .; altura do núcleo, 5,44 pol. A bobina é colocada entre estas duas peças. No lado inferior, o circuito magnético é fechado pela placa de base f à qual estão unidos núcleo e cilindro. A armadura em forma de disco é colocada sobre o ímã. É sobre o anel desta armadura que a força de

tração opera. Sabemos que se a armadura tocasse diretamente os pólos do ímã, uma grande parte da atração magnética persistiria após a corrente ter sido cortada. O ímã "faria" como eles dizem. Deve então manter-se entre o ímã e a armadura um espaço chamado espaço aéreo ou espaço livre. Este ar-espaço produz um "campo de desmagnetização" que desmagnetiza o ferro assim que a corrente é cortada da bobina. Quanto mais fraco o campo coercivo do ferro, ou seja, quanto mais macio é magneticamente, mais o espaço aéreo pode diminuir sem o risco de aderência do ímã. Além disso, o número de ampere-turnos necessários para manter uma certa magnetização no ferro é maior quanto maior o espaço aéreo, pois é esse ar-espaço que produz um campo de desmagnetização que deve ser compensado pelo campo da bobina. Isso resulta do que acabamos de dizer, que para economizar energia elétrica, o ferro do ímã deve ser o mais suave possível. Tivemos a sorte em que A companhia Falck de Milão nos forneceu um ferro notavelmente suave, o ferro 'Armco' da Armco Company (Gênova). O campo permanente deste ferro é tão fraco que um espaço aéreo de $\frac{1}{250}$ pol. teria bastado para que o magnetismo permanente do nosso ímã diminuísse para um valor insignificante, depois que a corrente foi interrompida. No entanto, como pequenas deformações são sempre a temer, escolhemos uma distância entre armadura e ímã de $\frac{1}{125}$ pol., O que faz um espaço aéreo total de $\frac{1}{62}$ pol.

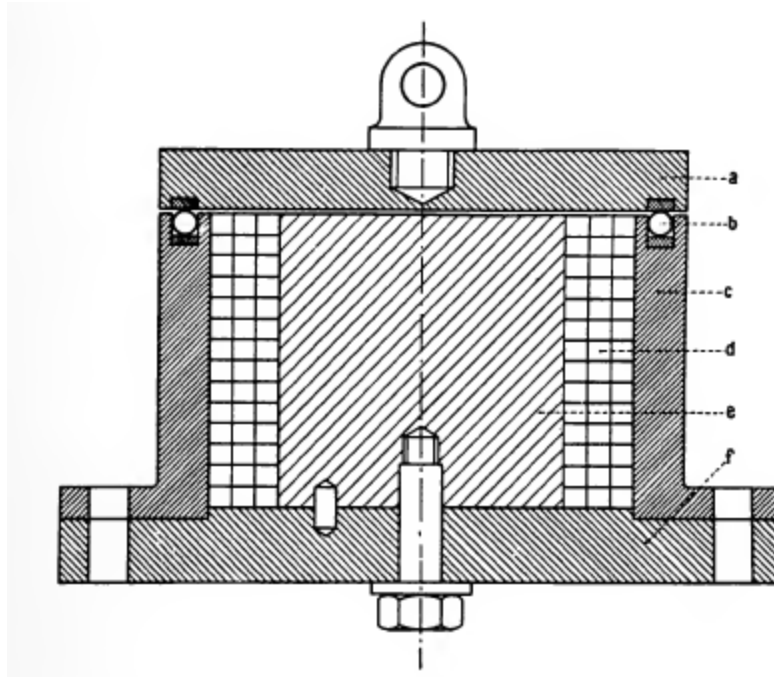


Fig. 19. Eletro-ímã que contém uma lata de lastro

Para obter este espaço de ar, colocamos em soquetes feitos na parte superior do cilindro seis bolas de aço b de $\frac{1}{2}$ polegada de diâmetro, que se destacam exatamente $\frac{1}{125}$ pol. Quando o ímã é energizado com a alavanca desconectada da As tubas de cada uma dessas bolas têm uma carga de 726 lb. Para que não penetrem no aço suave, pequenas lavadoras de aço endurecido são colocadas acima e abaixo das bolas. Assim, o contato entre a armadura e o ímã só ocorre em seis áreas de dimensões muito reduzidas. Isso foi necessário para evitar todo o perigo por sucção. Antes de cada mergulho, um verifica, por meio de um medidor de espessura, se o espaço de ar ainda é grande o suficiente. Cada ímã consome 36 watts. A força atrativa que exerce sobre a armadura é de 4400 libras. Como a vantagem mecânica da alavanca está na relação de 1 a 7, ela produz uma força de 30,800 libras no gancho. À medida que as cubas cheias de lastro pesam apenas 12.100 lb., esta força é suficiente para mantê-las, mesmo que a ondulação produz uma

certa quantidade de jarring. Lembre-se de que durante o reboque, quando ocorrerem choques um pouco violentos, a posição das alavancas é assegurada pelos pinos (B no diagrama anterior).

Os enrolamentos desses ímãs são isolados de acordo com o mesmo princípio que o das válvulas magnéticas.

Apêndice 3 *Forma do flutuador*

O engenheiro naval ficará surpreso talvez na forma cilíndrica de nosso flutuador. Ele teria escolhido uma forma aproximada da do casco de um navio real. Observemos, no entanto, que o centro de gravidade de um navio está geralmente acima do centro de gravidade da água deslocada. A estabilidade do navio deve ser obtida pela forma do casco. Isto é o que se chama estabilidade de forma, como por exemplo, se uma folha de cortiça flutuar na água: embora o centro de gravidade desta folha de cortiça esteja acima do nível da água, sua estabilidade é perfeita. Um cilindro, por outro lado, completamente submerso, não possui nenhuma estabilidade de forma. Mas se o seu centro de gravidade é consideravelmente abaixo do seu eixo, portanto, abaixo do centro de gravidade da água deslocada, é perfeitamente estável. Este é o tipo de estabilidade que nosso bathyscaphe faz uso. A cabine pesada colocará o centro de gravidade do todo abaixo do eixo do flutuador. Para que o navio se comporte adequadamente quando está na superfície e no mar, a estabilidade assim adquirida não deve, naturalmente, ser sacrificada sem sentido ao colocar muitos objetos pesados no convés. Juntamente com outros motivos, é por isso que os receptáculos de lastro foram alojados no fundo do flutuador.

A forma cilíndrica tem vantagens consideráveis sobre todos os outros. Para um determinado volume, peso e comprimento, a resistência de um cilindro ao encurvamento é maior que a do casco de um navio. Quanto menor o raio de curvatura de uma chapa de metal, mais resistente é esta folha a pressão externa, e se em qualquer ponto o raio for grande, a rigidez do conjunto será aflectada: agora a seção transversal de um cilindro tem um raio menor do que o maior raio da seção transversal de qualquer outra forma da mesma capacidade. Portanto, a forma cilíndrica é a mais forte. Novamente, a construção de um casco de navio hidrodinâmico custa mais do que a de um cilindro simples. As placas que devem formar o fundo de um navio devem ser desenhadas individualmente e cada uma delas tem uma curvatura diferente. Em nosso casco cilíndrico, as folhas, com exceção da parte superior e posterior, são da mesma forma e da mesma curvatura.

Apêndice 4

Divisões transversais do flutuador

Estes devem satisfazer vários requisitos:

1. Contribuem para a solidez do casco. Sem eles, o casco, levantado em ambas as extremidades por duas ondas, pode dobrar como um tubo de borracha, achatando no centro.
2. Eles devem ser fortes o suficiente para resistir a variações de pressão se, acidentalmente, durante a decantação da gasolina no flutuador, um dos compartimentos estava completamente cheio enquanto o vizinho ainda segurava apenas o ar.
3. Para permitir mudanças de volume da gasolina devido a variações de temperatura e pressão, sem perda do líquido precioso, o flutuador deve conter na parte inferior uma certa quantidade de água. A estabilidade do bathyscaphe seria pobre se esta água, mais pesada do que a gasolina, pudesse se mover livremente no flutuador e se acumular em uma de suas extremidades, acentuando assim qualquer distúrbio inicial de equilíbrio na máquina, por mais leve que fosse.
4. Deve ser organizado de modo que, se um dos compartimentos for inundado pela água, após um vazamento, a mudança de guarnição que resulta não deve ser muito grande. É por isso que diminuimos progressivamente o volume dos compartimentos situados mais perto das extremidades.
5. Se, por falta de sorte, ocorrer um vazamento e um dos compartimentos é totalmente inundado, a perda do líquido de sustentação deve ser compensada pelo descarte do balastro de emergência. Além disso, a quantidade mínima deste lastro de emergência pode ser determinada se exigirmos que, durante um teste vazio, o bathyscaphe possa subir mesmo se a cabine foi inundada. Se não queremos exceder este balastro mínimo, o volume máximo de um compartimento é limitado pela condição de que este mesmo balastro deve ser suficiente para salvar o bathyscaphe se um dos compartimentos for inteiramente inundado pela água. Essas considerações limitam o volume máximo do compartimento grande a cerca de 460-486 cu. ft.
6. Nos trópicos, o mar pode ter uma temperatura superficial de 86 ° F.: na parte inferior, pode ter arrefecido até a proximidade de 32 ° F, devido a correntes provenientes das regiões árticas. Se o bathyscaphe desce rapidamente para 2 milhas, a gasolina, que no início teve uma temperatura de 86 ° F, será aquecida por compressão adiabática em mais 18 ° F.: sua temperatura será então na vizinhança de 104 ° F. O casco, pelo contrário, assumirá aproximadamente a temperatura da água, porque o coeficiente de transferência de calor entre água em movimento e ferro é muito maior que o coeficiente de transferência de calor entre hidrocarbonetos imóveis e ferro. As partições, pelo contrário, cercadas em todas as partes pela gasolina, terão sua temperatura. Devemos então considerar a possibilidade de uma diferença de temperatura entre o casco e as partições de 72 °. Se o casco e as partições forem rígidas, devido a esse esforço considerável resultaria. Se o próprio casco não puder ser deformado, a pressão específica nas partições pode ser calculada pela fórmula:

$$\sigma = K\Delta TE$$

onde K é $1,1 \times 10^{-5}/\text{C}^\circ$, ΔT é igual a 40°C . e E $31,3 \times 10^6 \text{ lb./m}^2$ é igual:

$$\sigma = 1,1 \times 10^{-5} / 40^\circ \times 31,3 \times 10^6 =$$

$$\sigma = 13,800 \text{ lb./m}^2$$

Embora diminuída pela elasticidade de seu casco, esse estresse não seria insignificante, porque é adicionado a outros estresses cujo valor absoluto não sabemos, particularmente estresses construtivos.

Se as chapas de metal estivessem planas, o flambulho poderia ocorrer acompanhado por um som muito parecido com uma quebra. Podemos imaginar o efeito que o som teria em um observador. Ele está curvando-se para a sua porta e admira a fauna submarina. De repente, ele ouve uma fenda. Ele salta. O piloto apenas metade o assegura quando ele diz que esse som é ouvido sempre que uma descida rápida é feita. (De acordo com relatos de jornal e observações de um dos passageiros do FNRS 3, esse cracking ocorre realmente durante os mergulhos deste submarino. Eu atribuo isso ao fato de que, contrariamente às minhas recomendações, partições planas foram usadas nela.)

Se as partições fossem completamente rígidas por meio de diluir os rachaduras não ocorreria, mas os estresses térmicos não seriam eliminados.

Depois de ter estudado toda uma série de construções, adotamos a seguinte solução, sugerida pelo Sr. Loser: satisfaz todos os equipamentos aqui estabelecido.

As divisórias são feitas de metal com ondulações semicirculares com um raio de curvatura de 3,84 in. E com os seus eixos verticais. Assim, proporcionam resistência suficiente às variações de pressão (das quais falamos). Cálculos e testes com modelos nos confirmaram completamente sobre este ponto. Se considerarmos um casco com uma dada circunferência, mas que, sem um esforço muito grande, pode tornar-se um pouco oval, e se permitimos que as divisórias sejam rígidas na direção vertical e extensíveis ou contráteis na direção horizontal, pode-se ver que satisfazemos todos os requisitos. Se a temperatura das divisórias aumentar, o diâmetro vertical do flutuador aumentará, enquanto o diâmetro horizontal diminuirá ligeiramente, de modo a permitir que o casco assuma livremente uma forma que se adapte à sua circunferência e que seja determinada pela sua própria temperatura .

O engenheiro entenderá que nossa construção está em suas linhas principais isostáticas, enquanto que com partições planas seria muito heterostático. À primeira vista, pode-se temer que nosso flutuador não consiga resistir aos momentos de flexão que atuariam no plano horizontal. No entanto, esse não é o caso. A circunferência do casco sendo dada e seu diâmetro vertical sendo fixado pelas divisórias onduladas, o diâmetro horizontal é determinado por essas duas dimensões. Nossas partições, embora onduladas, evitam toda a deformação do casco, tanto na direção lateral quanto na direção vertical. Assim, pode-se ver que nossas partições em folhas onduladas não oferecem desvantagem e respondem perfeitamente a tudo o que exigimos.

Apêndice 5

Espessura de folhas de metal do flutuador

Eu reparei a espessura das placas superiores do casco a $\frac{1}{5}$ de polegada. As espessuras sugeridas pela maioria dos especialistas variaram de $\frac{3}{25}$ pol. a $\frac{4}{25}$ pol., Mas alguns vão tão longe como $\frac{2}{5}$ pol. Acho que $\frac{4}{25}$ pol. teria sido suficiente: mas não se deve esquecer que, se a resistência à tração de duas placas de metal de $\frac{1}{5}$ de pol. e de $\frac{4}{25}$ pol. estiverem na relação de 5 a 4, ou 1,25, as forças deflectoras estão na relação de 5^2 a 4^2 , ou seja, 1,56, e as de cintilação de 5^3 a 4^3 , ou seja, 1,95; agora o flambagem de uma parte da placa de metal é um dos principais perigos para o flutuador. O fato de que a resistência ao encurvamento é praticamente duplicado quando passamos de $\frac{4}{25}$ pol. para $\frac{1}{5}$ in. Parece justificar o aumento do peso do casco (quase uma tonelada).

Apêndice 6

As Quilhas

QUILHAS DE ESGOTO

Um navio convencional é fornecido no seu casco subaquático com uma quilha que facilita a manutenção da sua direção e que, em particular, em um veleiro, resiste à deriva, e que também afasta movimentos rolantes, isto é, a oscilação de um barco sobre o seu eixo longitudinal. A fim de não aumentar o seu projecto indevidamente, as quilhas também são colocadas sob o casco, lateralmente longe do centro. Todos esses arranjos têm uma desvantagem: se uma onda atinge a quilha lateral, a força resultante aplica um movimento ao navio e, assim, é produzido um certo rolamento; se a ondulação desloca o navio lateralmente, a quilha colocada sob o navio e apoiada pela água imóvel também produz balanços. Se essas desvantagens puderem ser evitadas, mantendo a ação favorável da quilha, que, em qualquer caso, afasta o balanço após a produção, seria ideal. O flanco cilíndrico do bathyscaphe apresenta esta possibilidade. Na verdade, a gasolina que contém nele não participa, por assim dizer, no rolamento: o casco gira em torno da gasolina. Se, portanto, corrigimos as lâminas dentro do casco, estas, para começar, afetarão necessariamente o rolamento por sua fricção com a gasolina e também, sendo removidas da ação das ondas, não poderão causar rolamento.

A Fig. 20 mostra o arranjo dessas quilelas anti-rolamento interiores, que, retiradas do ataque das ondas, podem ser feitas em chapas de metal relativamente finas e, portanto, têm a vantagem sobre as quilhas externas de uma economia de peso apreciável. Durante nossas operações de Capri, a ação benéfica dessas quilhas foi notável, o Trieste mostrando-se muito mais estável do que outro navio de tonelagem superior.

A QUILHA DE DERIVA

Como nossos testes com modelos nos permitiram antecipar, o Trieste durante sua viagem a Capri exibiu poucas qualidades de curso: ao invés de seguir seu rebocador em linha reta, zigzagueou da esquerda para a direita, fazendo ângulos superiores a 45 ° com o curso do rebocador. Essas variações produziram tensões completamente inúteis, o que até poderia ser prejudicial: era necessário evitá-las. Conseguimos isso de forma perfeita

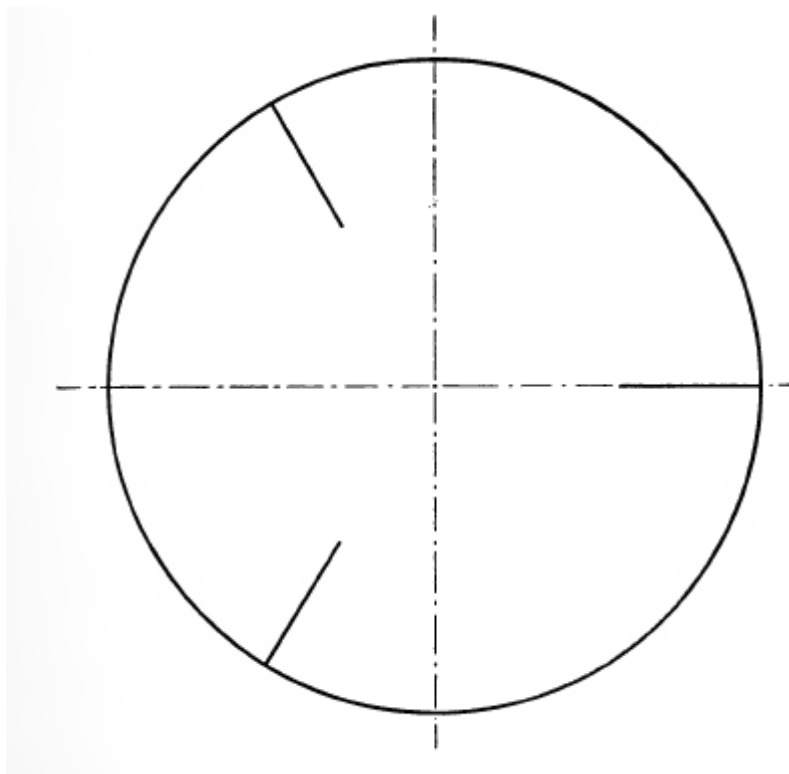


Fig. 20. Corte transversal do flutuador, mostrando as quilhas anti-rolamento imersas em gasolina

ao colocar uma quilha na parte de trás do bathyscaphe: isto é, anexamos uma pequena quilha vertical (ver Placa XI). A partir deste momento, o Trieste não guinchou mais. No entanto, tive a impressão de que essa nova quilha tendia a aumentar a roda mais uma vez. Se esta observação for correta, isso prova que a escolha da posição para as quilhas anti-rolamento dentro do casco foi justificada.

Apêndice 7

Diferentes Métodos de Verificação da Homogeneidade do Metal na Cabine

A indústria moderna emprega dois métodos de verificação da estrutura interna de um elenco: raios-X e raios gama, por um lado, e técnicas ultra-sônicas, por outro. O primeiro método produz uma imagem do objeto na tela fluorescente ou no filme fotográfico. Pequenos orifícios de 1/25 pol. em diâmetro ou mais, pelo fato de serem mais permeáveis do que o metal, aparecem como marcas claras na tela e como manchas escuras na placa fotográfica. Este método particularmente se presta ao estudo das peças vazadas. Mas a cabana do Trieste foi forjada. Uma possível bolha de gás ou mancha de escória por esta operação teria sido achatada em um floco ou falha paralela à superfície da esfera. O hickness disso teria sido muito leve. A diferença de absorção de raios entre as partes sonoras do casco e a parte defeituosa não teria sido perceptível. No entanto, a administração da Terni queria fazer uma radiografia completa da cabine. Um corpo estranho que não tinha sido achatado pela forja teria aparecido. Os filmes fotográficos obtidos eram uniformemente cinza, sem a menor turvação. Desse ponto de vista,

ficamos completamente tranquilizados.

O segundo método, o da técnica ultra-sônica, deu prova de que não havia falhas paralelas à superfície.

Este método tem sido utilizado na indústria apenas por alguns anos. O princípio é muito simples. Deixe-me explicar isso com uma pequena digressão. Estamos em um balão livre, a noite é muito escura, visibilidade nula. O piloto gostaria de saber a que distância ele estava acima do solo. Ele corre o risco de entrar em uma montanha. "Nada é mais simples do que fazer um som aproximado da distância do chão. Um grito estridente ou uma explosão de trombeta: depois de alguns segundos, o eco terrestre lhe enviará de volta o som. Cada segundo aproximadamente é igual a 500 pés (uma vez que a velocidade do som no ar é da ordem de 1100 pés por segundo). Se houver uma descontinuação da temperatura no ar, um eco intermediário é percebido de forma muito distinta. Este mesmo método, é verdade com certas modificações, é usado para verificar materiais. Em seguida, emprega-se uma fonte de som de alta frequência (um quartzo piezoelétrico, geralmente). Essas ondas são enviadas através da cabine do lado de fora: elas a atravessam, são refletidas no rosto interior e voltam novamente. O tempo que esta dupla viagem dura é verificado. Se for $\frac{1}{30000}$ segundo (o som passa por metais mais rápido do que através do ar), tudo está em ordem. O transmissor e o receptor são movidos e, desta forma, toda a cabine é testada. Se houvesse uma falha paralela à superfície, isso refletiria o som. Mesmo que sua espessura fosse apenas uma fração muito pequena de um milímetro, veríamos mover na tela do tubo do cátodo o ponto luminoso que indica o retorno dos raios: se a falha fosse de pequena extensão, haveria um duplo imagem. Por outro lado, um pequeno orifício esférico, embora facilmente revelado pelos raios gama, poderia passar sem ser observado pelo método ultra-sônico. É claro que esses dois métodos se complementam admiravelmente. Foi por causa desse estudo cuidadoso da cabana do Trieste que eu poderia, sem o menor medo, ir até 1700 braças com meu filho, e se eu tivesse tido maiores profundas ao alcance, eu deveria ter ido até 2 milhas sem ter o bathyscaphe antes de tudo fazer uma descida com o piloto automático e 50% de sobrecarga como eu sugeri para a cabine do FNRS 3.

Apêndice 8

Gráfico dos momentos da dobradiça na porta

A dobradiça da porta está inclinada a 18° da vertical. Em uma posição fechada, a porta se inclinará com cerca de um terço do seu peso após o seu assento, uma vez que o seno 18° é igual a 0-30902. Quanto mais abrir a porta, menos seu peso tende a fechar a porta. Aberto a 90° , está em equilíbrio (instável). Na figura 21, a curva representa o casal produzido pelo peso da porta como afetado pelo ângulo de abertura. É sinusoidal.

Para equilibrar este casal variável, colocamos uma mola helicoidal no eixo da dobradiça. Seu casal varia, obviamente, linearmente com o ângulo de abertura, de modo que ele aparece no gráfico como uma linha reta. A compensação pelo peso da porta não pode ser perfeita, portanto, durante todo o seu movimento. Mas isso não é necessário, nem é desejável. Pode-se selecionar as características da mola conforme indicado pela linha pontilhada. Nesse caso, a diferença entre os dois casais teria um valor máximo de 10% do casal da porta. No entanto, preferimos uma característica correspondente ao sólido Hne desenhado no gráfico. Este último oferece a vantagem real de que a porta, quando em uma posição fechada, tende a permanecer fechada e quando em uma posição

aberta para permanecer aberta. Essa vantagem é compensada pelo fato de que o casal máximo é agora de 17%, ou $\frac{1}{6}$ do par da porta sozinho. Mas como o punho de operação da porta é colocado no lado oposto à dobradiça, e o peso da porta já foi

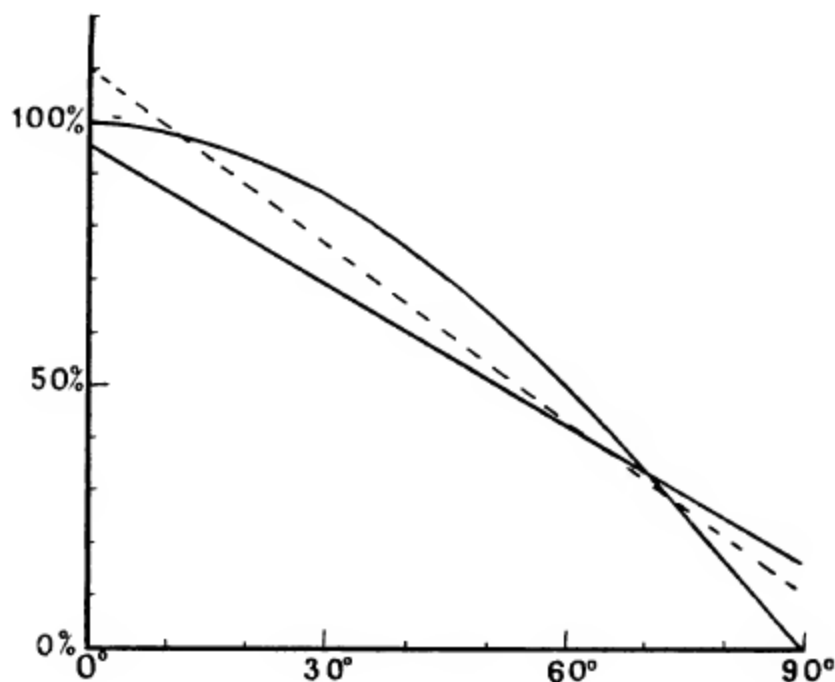


Fig. 21. Gráfico de variações do momento da dobradiça com ângulo de abertura da porta

foi reduzido a $\frac{1}{3}$ pela inclinação do eixo, pode-se facilmente operar a porta com uma mão.

A posição da porta, aberta ou fechada, deve ser segura, de modo que as oscilações do bathyscaphe não o façam mover. Quando a porta está fechada, deve ser mantida firmemente na sua posição para as primeiras braças do mergulho. Depois, a pressão da água irá mantê-lo em seu assento cônico. Nós temos, no Trieste, um único parafuso pequeno que pode ser operado sem dificuldade com uma mão, o que serve para manter a porta fechada.

Apêndice 9

Passagem dos cabos elétricos e tubos através da parede da cabine

As passagens de um grande número de cabos elétricos, tubos de alta pressão e duas condutas de ventilação (schnorkel) apresentaram uma série interessante de problemas de design. Todas essas passagens tiveram que cumprir duas condições: ser estanque e forte.

Ao redor da vigia, no lugar onde a espessura da parede da cabine é de 5-9 polegadas, aborrecemos doze buracos de dimensões idênticas. No lado externo, cada furo, por um comprimento de 1,97 polegadas, tinha um diâmetro de 1,97 polegadas. Em seguida, veio um cone com um ângulo de 45° para um comprimento de 0,55 pol., Que trouxe o diâmetro para baixo para 0,79 pol. A partir de uma profundidade de 2,52 polegadas, o

orifício continuou em direção ao interior da cabine com um diâmetro de 0,79 pol.

A estanqueidade é alcançada em todos os orifícios na parte cônica por meio de uma virola cônica de plexiglás, forçada a encostar-se a uma tomada de aço. Esta construção é análoga à dos salpicadinhos.

A PASSAGEM DO SCHNORKEL

Para ter ventilação eficaz, é necessário conservar o máximo possível a seção livre que é oferecida no furo de -79 in. De diâmetro. Do interior da cabine deve ser fácil e rápido abrir ou fechar a passagem.

A Fig. 22 ilustra o design escolhido por nós. Na parte externa do furo, uma fina caixa de metal (visível no topo da placa XIV), que nunca terá que resistir a altas pressões, é ferrada no orifício. A confiabilidade da junta entre esta caixa e a cabine é assegurada por meio de uma arruela de borracha. Para esta caixa está conectado um tubo longo que atravessa o flutuador e termina no convés. Os topos destes tubos (dobrado de volta para a base) são bastante visíveis nas placas XI e XXI. Uma fina barra de ferro j passa por todo o comprimento do tubo e. Do lado de fora, é fixado a uma ficha de ferro g. Se, por meio de parafusos colocados dentro da cabine, um puxa sobre a haste, o bujão força a ferrula de plexiglás em seus assentos. A estanqueidade assim efetuada é suficiente para baixas pressões de água. Assim que o bathyscaphe mergulhar, a pressão externa da água é adicionada à atração da haste. O plexiglás é então comprimido cada vez mais entre o seu assento e o O plugue e a estanqueidade são perfeitas para todas as pressões; é um fechamento em autoclave. O anel de borracha que envolve a borda superior da

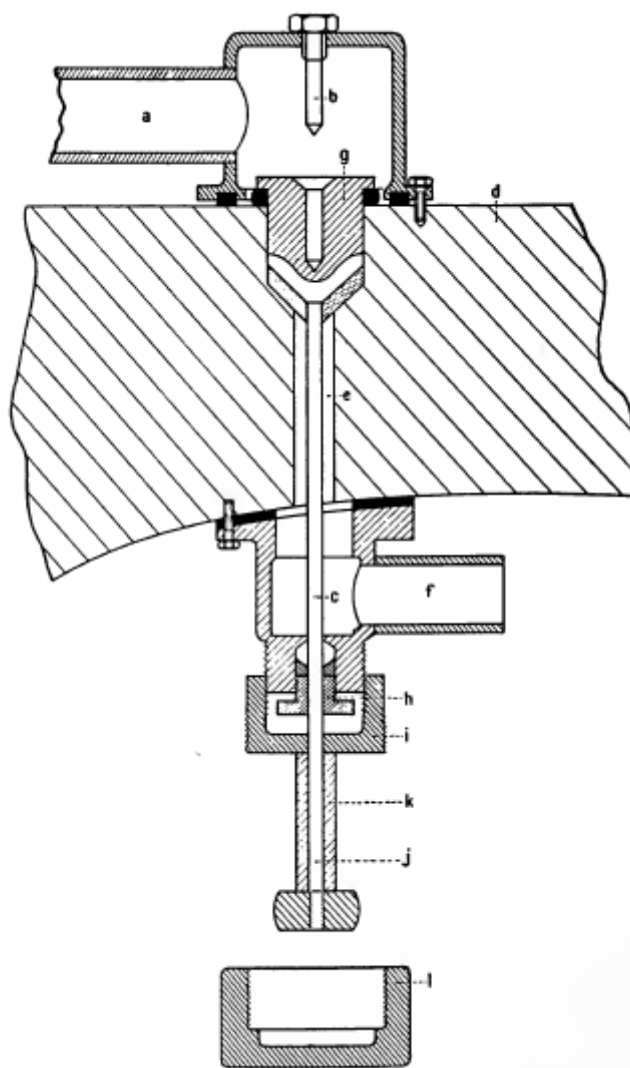


Fig. 22. Passagem do tubo de Schnorkel através da parede da cabine

O plugue (desenhado em preto sólido), por si só, efetuará um fechamento em autoclave. Está lá para tornar a segurança duplamente segura.

Depois que o bathyscaphe aumentou novamente para a superfície, o crew normalmente pode chegar ao convés muito rapidamente. Mas, se, como resultado de algum acidente na antecâmara, a tripulação fosse obrigada a permanecer calada por muitas horas na cabine e seus suprimentos de oxigênio e refrigerante de lima estivessem esgotados, seria necessário abrir o schnorkel para substituir o ar viciado por ar fresco, seja por meio de um ventilador colocado na cabine, ou por meio de ar comprimido fornecido por um navio na superfície. Neste caso, o piloto só teria que empurrar a haste. Em seguida, o plugue iria sair com o plexiglás na caixa externa, onde ele é mantido em uma posição central por meio de um parafuso de centrado h. Toda a água contida nos tubos externos entrará na cabine onde um tubo (à direita no diagrama) irá levá-lo para um recipiente apropriado. Então, por meio do mesmo tubo, pode-se estabelecer a circulação de ar necessária.

A parte desempenhada pelas diferentes peças mostradas na base do desenho (caixa de enchimento, manutenção do plugue em posições abertas e fechadas) será facilmente compreendida.

OS CABOS "PYROTENAX"

Para todos os cabos elétricos externos do bathyscaphe e para as passagens em direção à cabine, fizemos um uso muito grande de cabos "Pyrotenax". Estes cabos, feitos pela Pirelli de Milão, são compostos por um tubo de cobre através do qual passam um ou vários fios de cobre isolados por amianto desidratado e comprimido. Esses cabos são extraordinariamente robustos. Eles podem ser dobrados, mesmo em um ângulo reto, e, o que é importante para nós, eles podem ser aquecidos em vermelho e ter argolas com solda prateada sem prejudicar o isolamento.

ARALDITE D

A Ciba Company of Basle produz uma resina sintética, a Araldite D, que nos deu um excelente serviço. Ao contrário da maioria das resinas sintéticas, isso pode ser polimerizado sem necessidade de aquecê-lo. Ao misturar apenas dois líquidos, obtém-se uma substância fluida que, no final de uma hora, solidifica e que, após um ou dois dias, torna-se tão dura e isolante como o âmbar, e tudo isso sem mostrar nenhuma diminuição de volume, o que não é o caso de muitas outras resinas sintéticas.

A PASSAGEM DOS CABOS GROSOS "PYROTENAX"

Para conectar a bateria grande, originalmente colocada no convés para o interior da cabine, e para trabalhar as hélices e as flutuações, era necessário utilizar cabos "Pyrotenax" com um diâmetro externo de 0,59 a 0,63 polegadas. e contendo um a três núcleos de cobre. Fig. 23 mostra a construção dessas passagens. Como teria sido difícil

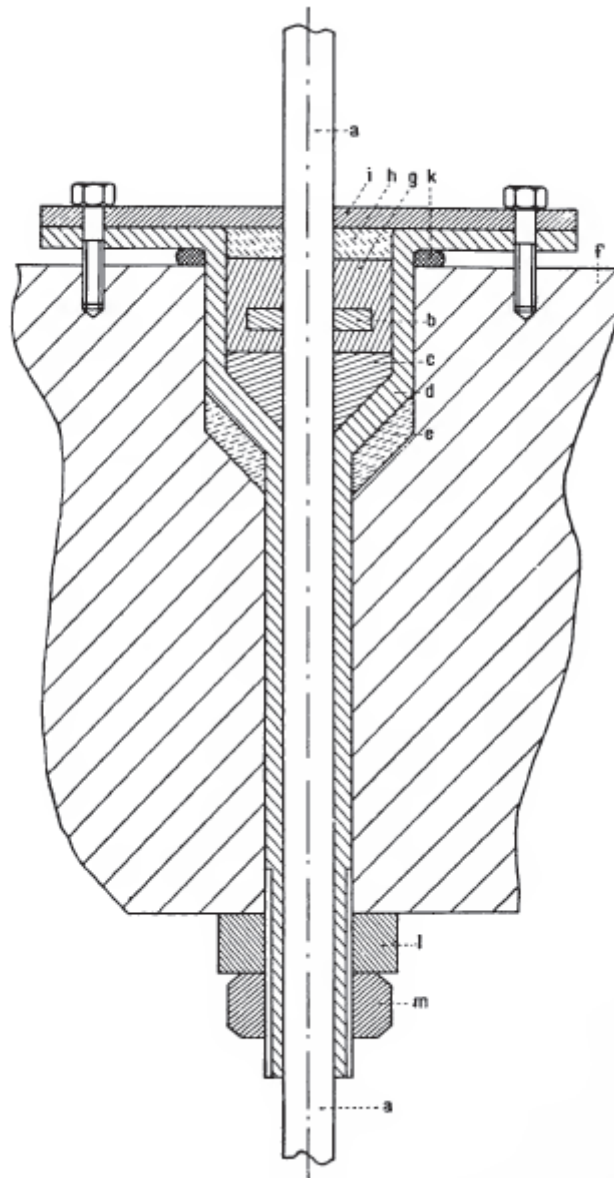


Fig. 23. Passagem de um grande cabo elétrico através da parede da cabine

selá-los diretamente na cabine, nós os selamos em fichas tubulares colocadas nos orifícios na cabine f Entre as fichas e a cabine a aterticidade foi alcançada por meio de uma bucha de plexiglás e contra a qual o bujão é forçado por uma porca m e, no exterior, por seis parafusos. O anel de borracha k duplica a segurança. O essencial é que o cabo não deve ser encaminhado para dentro da cabine por pressão externa. Com isso em vista, é soldada ao anel cónico c que repousa no interior do plugue d. A uma profundidade de $3\frac{3}{4}$ milhas, a força longitudinal que a água exerce sobre o cabo é de 2640 libras. Se o conector tiver uma altura de 4 pol., A brasagem é estendida sobre uma superfície de 77m^2 , e então está sujeito a um esforço de cisalhamento de 3410 lb. por metro quadrado. Se a brasagem estiver bem feita, não há perigo. O próprio filho superintendeu a realização da brasagem. Ele verificou que, em todos os casos, a prata correu bem na junção. Para segurança adicional, outro anel b foi soldado ao cabo: além disso, o cabo foi apertado no lado de fora com uma braçadeira de aço. As mandíbulas desta braçadeira tiveram pequenas ranhuras usinadas em suas faces para evitar que o cabo deslizasse entre eles. No laboratório, tentamos forçar um cabo "Pyrotenax" através

de um grampo da mesma construção. Uma força de 13.200 lb não foi suficiente para deslocá-la. Após este teste, observamos que as mandíbulas usinadas da braçadeira ficaram encaixadas no cobre do cabo. Nenhum deslizamento foi, portanto, possível. Penso que, nesta construção, transportamos segurança mais longe do que era necessário. Mas o resultado prático é que, durante os mergulhos, sentados diante da vigia, a idéia nem nos ocorreu que os cabos poderiam ser transformados em um projétil mortal.

Não era apenas necessário ver que o cabo inteiro não foi desalojado. Nós também precisamos ter certeza de que o núcleo do cabo não deslizaria em sua bainha. Este perigo é evitado pelo atrito que o amianto isolante comprimido produziu ao longo do cabo. Além disso, um certo número de curvas no cabo por si só impediram qualquer deslocamento do núcleo e, finalmente, a extremidade do núcleo foi tornada segura. Portanto, estamos certos de que a passagem do nosso cabo oferece todas as forças necessárias. Mas também devemos evitar toda infiltração de água.

É aqui que usamos Araldite D, derramado no plugue g. Como esta resina é muito difícil, é necessário antecipar a possibilidade de sua fissuração como resultado de uma deformação do metal. É por isso que derramos sobre a Araldite uma cera macia que os engenheiros da Companhia Pirelli fizeram especialmente para nós e que recebeu o nome de "Bathycire". Esta cera, líquida a altas temperaturas, é macia a uma temperatura normal. Oferece uma extraordinária adesividade aos corpos sólidos. Se colocar um pequeno pedaço desta cera em um copo cheio de água a temperatura normal, no final de algumas horas, ele fica bem no fundo do vidro. Na verdade, nunca observamos nenhuma fissura no Araldite. Mas se alguma tivesse ocorrido, a cera os teria bloqueado completamente.

Este tipo de passagem para condutas tem uma grande vantagem: conseguimos colocar os condutores de parede com um núcleo com um diâmetro de 3/4 polegadas. A corrente da grande bateria poderia, portanto, ser trazida diretamente para a cabine: e a operação atual motores e flanges podem também, através de cabos contendo três núcleos grandes, passar pela parede. Assim, poderíamos desistir completamente de todos os relés, utilizados no FNRS 2 e também no FNRS 3. A eliminação desses relés, que deve ser protegida pelo óleo contra a água do mar, constitui uma enorme simplificação.

A PASSAGEM DE TUBOS DE ALTA PRESSÃO E DA RÁDIO AÉREO

Nós já mencionamos os dois tubos de aço, por meio de um dos quais os manômetros estão conectados à pressão externa, enquanto o outro serve para conduzir ar comprimido na antecâmara para expulsar a água. Estes tubos têm um diâmetro externo de 2 1/2 pol. A antena do nosso rádio está ligada ao nosso rádio por um cabo 'Pyrotex' de diâmetro externo de 1/4 pol. Estes três cabos passam pelo mesmo orifício da cabine. A construção é análoga à anterior, exceto em dois pontos: conseguimos sem a placa h; e o cone c é perfurado com três orifícios.

A PASSAGEM DE 36 CABOS ELÉTRICOS FINOS

Um grande número de cabos de seção pequena deve ser fornecido para ser conectado com vários instrumentos colocados fora da cabine. Desde o início tínhamos que ter seis fios para os três eletroímãs (dois para transportar as cubas de lastro e um para segurar a trilha), quatro para as duas válvulas de lastro magnético, três para o telefone (usado apenas na superfície), duas para pequenas luzes e uma para o tacômetro. Isso é dezesseis fios. Mas também queríamos reservar para nós mesmos a possibilidade de conectar outros instrumentos mais tarde. No final, para não ser coitado napping, tivemos trinta e seis fios de cobre de 2,5 polegadas de diâmetro passados por um único orifício na cabine. A Fig. 24 mostra a construção dopada. Vemos novamente o mesmo bujão de

aço c com seus parafusos d, sua g de borracha e sua porca e o pequeno pedaço redondo de plexiglio A, mas se forma fora da parede da cabine f uma cabeça bastante volumétrica. Nesta cabeça estão as extremidades de trinta e seis cabos "Pyrotenax" de $\frac{1}{5}$ de polegada de diâmetro externo. Os seus núcleos k são soldados a trinta e seis fios de cobre que, juntos

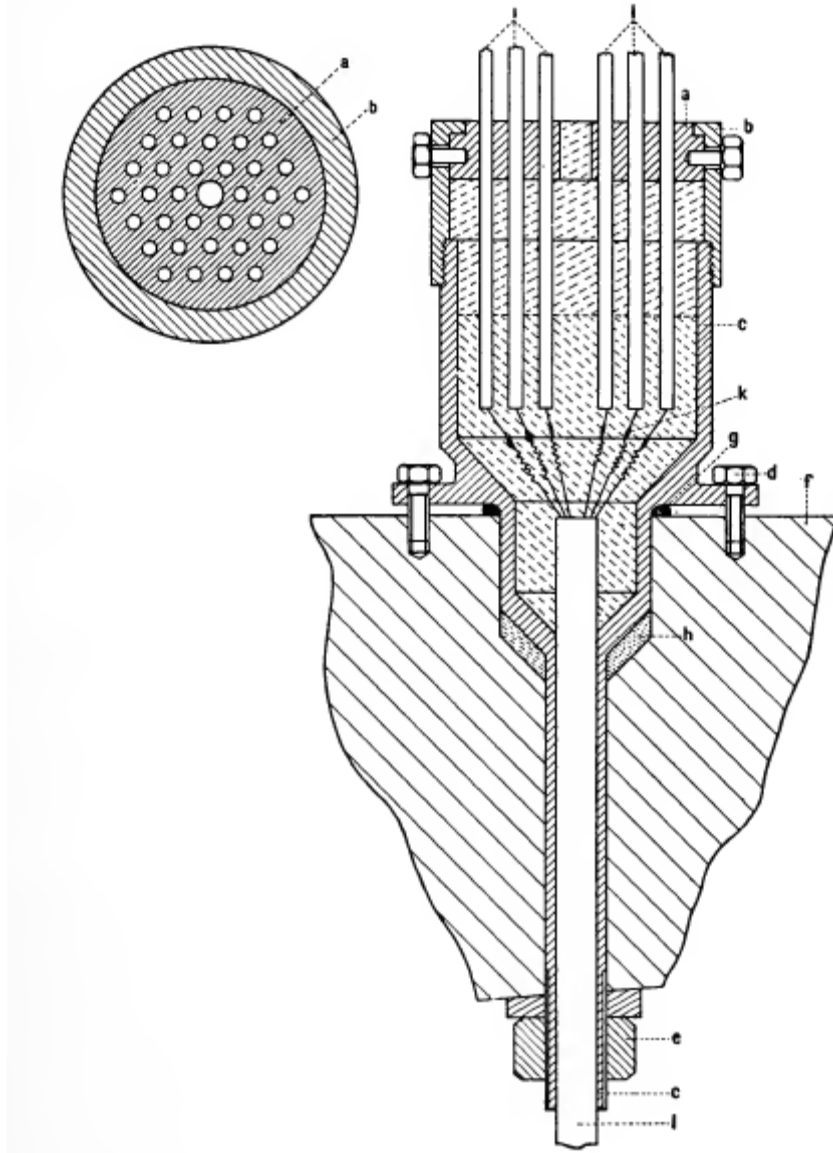


Fig. 24. Passagem de trinta e seis cabos elétricos finos através da parede da cabine

formando o cabo /, passe o plugue para entrar na cabine. Os trinta e seis fios deste cabo são isolados um do outro por algodão e todo o cabo é cuidadosamente revestido com parafina. O plugue é prolongado por um tubo b fechado por uma placa perfurada com trinta e sete furos. A base da cabeça é preenchida com Araldite D: acima disso é mais uma vez a cera * bathycire. Abaixo de k, os fios de cobre são curvados em um ziguezague para evitar que sejam puxados pelo Araldite.

Apêndice 10

As Válvulas Alternativas

O casco deve poder "respirar" se o volume da gasolina mudar como resultado de variações de pressão e temperatura. Nós vimos (página 77) por que só permitimos a água (que deve estar na parte inferior do flutuador) para entrar e sair do compartimento central, compartimento nº 7 (Fig. 8, página 76).

Sendo assim, poderíamos estar satisfeitos com uma abertura simples L colocada na parte inferior deste compartimento. Eu adicionei acima desta abertura

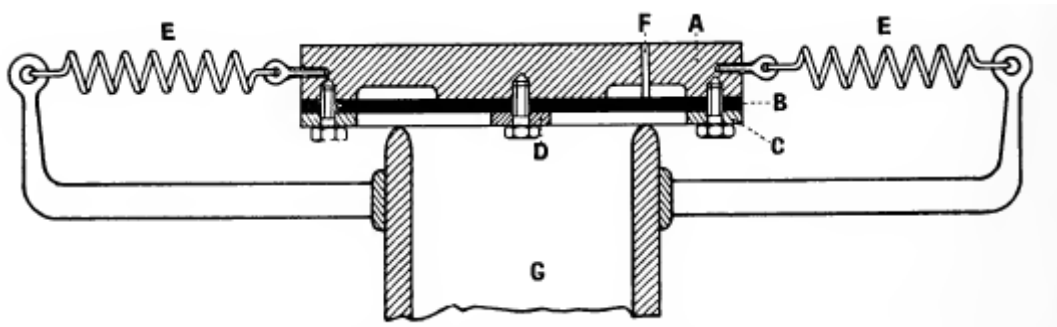


Fig. 25. Válvula alternativa

a tubulação e a válvula dupla F (representadas esquematicamente na Fig. 8) para evitar, se possível, e de qualquer forma diminuir as consequências de um vazamento na parte superior de qualquer um dos nossos compartimentos. Imagine uma pequena abertura accidental no topo do flutuador no compartimento nº 9, por exemplo. Se o flutuador fosse simplesmente aberto na parte inferior, em direção a L, a gasolina empurrada pela pressão da água brotaria nas inundações e, o que é pior, a gasolina no compartimento central. No. 7, pode segui-lo como resultado da ação de sifão. Um olhar sobre o nosso esboço tornará o papel da válvula dupla clara. Normalmente, se não houver vazamento em qualquer lugar, o casco irá respirar por esta válvula. Quando (no momento de um mergulho ou no momento de uma redução da temperatura) a água deve entrar no flutuador, ele entrará por L, levantará a válvula de aba inferior e alcançará a base do flutuador. Esta válvula de aba, no entanto, é carregada de tal maneira que só irá abrir se a pressão exceder 0,11 atmosfera. Esta pressão é insignificante do ponto de vista da força do casco, mas excede a pressão hidrostática que pode ser induzida pela diferença entre a densidade da água e da gasolina sobre uma altura de 11,55 pés (a altura dos compartimentos). Por conseguinte, é impossível que, como resultado de um furo feito na parte superior de um compartimento, o escape da gasolina sugira a água através de L. A gasolina não poderá deixar o flutuador, a menos que a água entre pela mesma abertura. Isto é de primeira importância, por dois motivos. Em primeiro lugar, não há diferença de pressão que induzirá a gasolina a escorrer por um grande respiradouro. O fluxo de saída será então mais lento (a água e a gasolina tendo que se passar na mesma abertura) do que se a água, entrando no fundo do flutuador, produzisse uma pressão hidrostática no nível superior do flutuador. Se o dano na parte superior for produzido na superfície - por exemplo, por colisão (sempre a temer) - o tempo assim obtido pode ser muito valioso. Poderia mesmo, em certas circunstâncias, evitar catástrofes. Por outro lado, se é apenas uma questão de um ligeiro vazamento, uma fissura local na soldagem, por exemplo, a gasolina, empurrada pela entrada de água diretamente na base do

flutuador, no termo de um certo tempo, seria escapar em quantidades consideráveis. Mas se a água só pode entrar pela mesma fissura, deve encontrar-se e passar a gasolina. Em uma fissura de pequenas dimensões, essa passagem não ocorreria e a perda de gasolina seria evitada.

Vejamos agora o papel da válvula de aba superior em nossa válvula dupla. Se a gasolina se expande, ela atua sobre a água que está na parte inferior do compartimento No. 7. Essa água então eleva-se no espaço anular entre os dois tubos (veja a Fig. 8), levanta a válvula de aba superior e depois a o tubo central escapa para o mar. O objetivo da válvula de válvula é apenas evitar que a água entre por esta mesma rota devido à sucção causada por um vazamento.

A válvula dupla é colocada no convés para que seja fácil a qualquer momento verificar ou consertá-la. É coberto por uma grande cúpula hermeticamente fechada que a protege mecanicamente e remove toda a possibilidade de entrada de ar em caso de perda da válvula superior.

Vejamos alguns detalhes de construção de nossa válvula.

Para começar, as válvulas de flap devem ser feitas para se mover verticalmente de modo a evitar todo o perigo de apreensão. Se qualquer haste deslizar em um rolamento é sempre temido que ele possa ser bloqueado por um corpo estranho - um pouco de grão de areia, por exemplo. Para evitar um acidente desse tipo, desviou-me da construção convencional. Suspendi a válvula entre quatro molas em espiral (ver Fig. 25). Assim, pode mover-se verticalmente sem qualquer atrito. O próprio anel de borracha é grande o suficiente para os pequenos deslocamentos laterais que essas molas permitem realizar sem inconvenientes.

O peso da aba é tal que ele se elevará logo que a diferença de pressão prevista seja alcançada.

Poderíamos ter contemplado a construção de abas metálicas. À primeira vista, tal válvula parecia ser perfeita. Mas, naquele momento, veio a nossa memória o fantasma do muito sábio almo. Otto von Guericke de Magdeburg, com seus hemisférios, ou, um exemplo menos distante no tempo, os terríveis otários da lula gigante que arrastou para a morte um dos valentes marinheiros do Nautilus.

Se duas superfícies metálicas que são muito planas, toque, e se alguém tenta separá-las, pode ocorrer que um vácuo seja formado entre elas e se opõe à sua separação. Nas circunstâncias chamadas 'comum', esta força adesiva naturalmente não pode exceder a pressão da atmosfera, isto é, 14,2 lb. por polegada quadrada. (Essa força não deve ser confundida com a adesão que ocorre entre duas peças usinadas com extrema precisão.) Mas, mais uma vez, um bathyscaphe nem sempre está em circunstâncias "comuns".

Com uma grande profundidade, o "efeito de sucção" pode assumir enormes proporções - em $3\frac{3}{4}$ milhas, por exemplo, 600 atmosferas. Esta não é pura teoria. Os pequenos cachalotes podem dizer algo sobre as feridas que recebem a grandes profundidades dos otários das lulas e o que seria impossível se o efeito da sucção fosse limitado a uma atmosfera, o que Otto von Guericke observou.

Pode-se imaginar quais seriam as conseqüências se o efeito de sucção ocorreu entre nossas abas e seus assentos, mesmo que fosse sobre uma pequena área de sua superfície de contato. Deve ser completamente impossível. A Fig. 25 mostra a construção escolhida. É uma membrana de borracha flexível que repousa sobre o assento. Se a aba tende a aumentar, a membrana é levantada primeiro da sua periferia. Pode-se observar de uma só vez que, nestas condições, nenhum efeito de sucção deve ser temido.

É verdade que, no início, me disseram que uma válvula com uma membrana flexível era muito pouco ortodoxa e que era perigoso mergulhar em um novo tipo de construção. Eu

respon-di que tinha herdado de meus pais uma bomba de que as abas estavam compostas de membranas flexíveis, que esta bomba trabalhava há quase setenta anos e que suas válvulas funcionavam pelo menos 2500 milhões de vezes sem nunca se quebrar. Na verdade, o coração humano não tem metal em nenhuma parte de sua construção; É inteiramente feito de membranas flexíveis: por que não levá-los para um modelo? As membranas estão em borracha sintética impermeável à ação da gasolina, e os assentos são de aço inoxidável. Assim, não há medo de as membranas e os assentos aderentes.

Para torná-lo ainda mais seguro, coloquei na parte superior da torre um tubo de ferro em forma de U contendo mercúrio, ligado ao compartimento central do flutuador (ver página 77 e Fig. 8). O fato de que ele não perdeu mercúrio prova que nossa válvula nunca foi bloqueada.

Apêndice 11 *A válvula de controle*

No topo da embarcação que contém a gasolina estabilizadora é uma abertura de 3-1 m², fechada pela aba da válvula, no centro da qual é fixada uma haste de ferro vertical; Este penetra em uma bobina: se uma corrente elétrica for passada através da bobina, a haste é atraída e a válvula se abre. Quando a corrente é cortada de ", cai para trás e fecha a abertura. Para diminuir o número de ampere-voltas necessárias para o funcionamento desta válvula, o circuito magnético é fechado por ferro macio, exceto na parte que está situada entre a haste descrito e um núcleo de ferro colocado na parte superior da bobina.

Para levantar a válvula é necessária uma corrente bastante forte, mas quando a haste atingiu a vizinhança imediata do núcleo, o fluxo magnético circulante quase inteiramente em ferro requer para o seu manutenção apenas uma pequena corrente. Um aproveita isso arrumando o interruptor de modo que uma corrente pesada seja mantida por apenas dois segundos. Esse detalhe tem sua importância porque a reserva de energia que nossa bateria pode fornecer é limitada e, acima de tudo, porque uma corrente pesada geraria, por fim, muito calor na bobina e nos plugues das passagens através da parede da cabine. A pressão que a gasolina exerce sobre a base da aba da válvula é variável.

Quando o ve Ssel que contém a gasolina ainda está cheio, produz em 3,1m² da seção uma força de 4,4 lb., mas essa força move-se para zero progressivamente à medida que a gasolina no reservatório é substituída por água. Para compensar esta variação em vigor, a válvula é carregada por uma haste cuja área de seção transversal é igual à da válvula e cuja densidade é igual à da água. Esta haste consiste em um tubo de alumínio cheio de gasolina. O seu comprimento é igual à altura do recipiente que contém gasolina estabilizadora, isto é, 11,55 pés. Assim, seu peso aparente sempre compensará exatamente o impulso variável da gasolina sobre a válvula. Este design, à primeira vista, parece perfeito. Contudo, tem um defeito; Quando a válvula se abre, a gasolina flui para fora e necessariamente a pressão do líquido diminui neste momento. (A energia cinética é adquirida à custa da energia potencial,

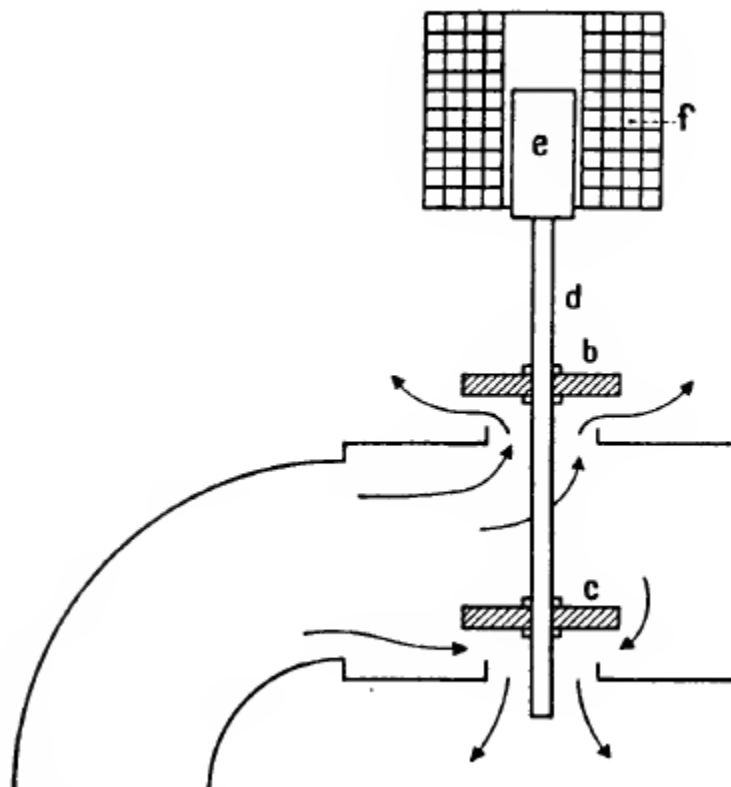


Fig. 26. Diagrama da válvula de controle compensada eletricamente

que é representada pela pressão, de acordo com uma lei fundamental da hidrodinâmica.) Daqui resulta que a força que deve ser exercida para levantar a válvula deve ser aumentada progressivamente à medida que isso aumenta. A compensação não é, portanto, mais perfeita.

Problemas técnicos geralmente aparecem assim: você procura até o momento em que você encontra uma solução e depois passa por outros problemas; e é mais tarde que você vê que você realmente oferece uma solução, mas não a solução, a única, geralmente, que foi perfeita. Foi o que aconteceu com a minha válvula. Fiquei satisfeito ao vê-lo funcionar, embora a aba da válvula não pudesse ser aumentada tanto quanto gostaríamos.

Pouco antes de nossa partida para Ponza, encontrei a solução: sua simplicidade é tal que eu deveria encontrá-lo na primeira tentativa. É derivado diretamente da válvula compensada de uma máquina a vapor que o Professor Stodola nos explicou quando era estudante em Zurique. Estou certo de que eu deveria ter pensado nisso antes, se eu não estivesse fascinado com a invenção da minha vara compensadora. O princípio desta válvula de controle compensada será entendido de uma vez por um olhar nas Figs. 26 e 27. O primeiro é diagramático. Saindo do reservatório tz, a gasolina entra na câmara de distribuição. Isso tem duas aberturas, uma na parte superior, a outra na parte inferior. Cada uma dessas aberturas é fechada no lado superior por uma aba: as duas abas b e c Fig. 26. Diagrama da válvula de controle compensada eletricamente são fixadas em uma haste comum d. Assim, as pressões do líquido, que agem sobre uma das abas de baixo para cima e sobre o outro de cima para baixo, sempre se compensam exatamente. Na parte superior da haste é fixado o núcleo de ferro macio e que será atraído pelo campo magnético no momento em que a bobina f é energizada.

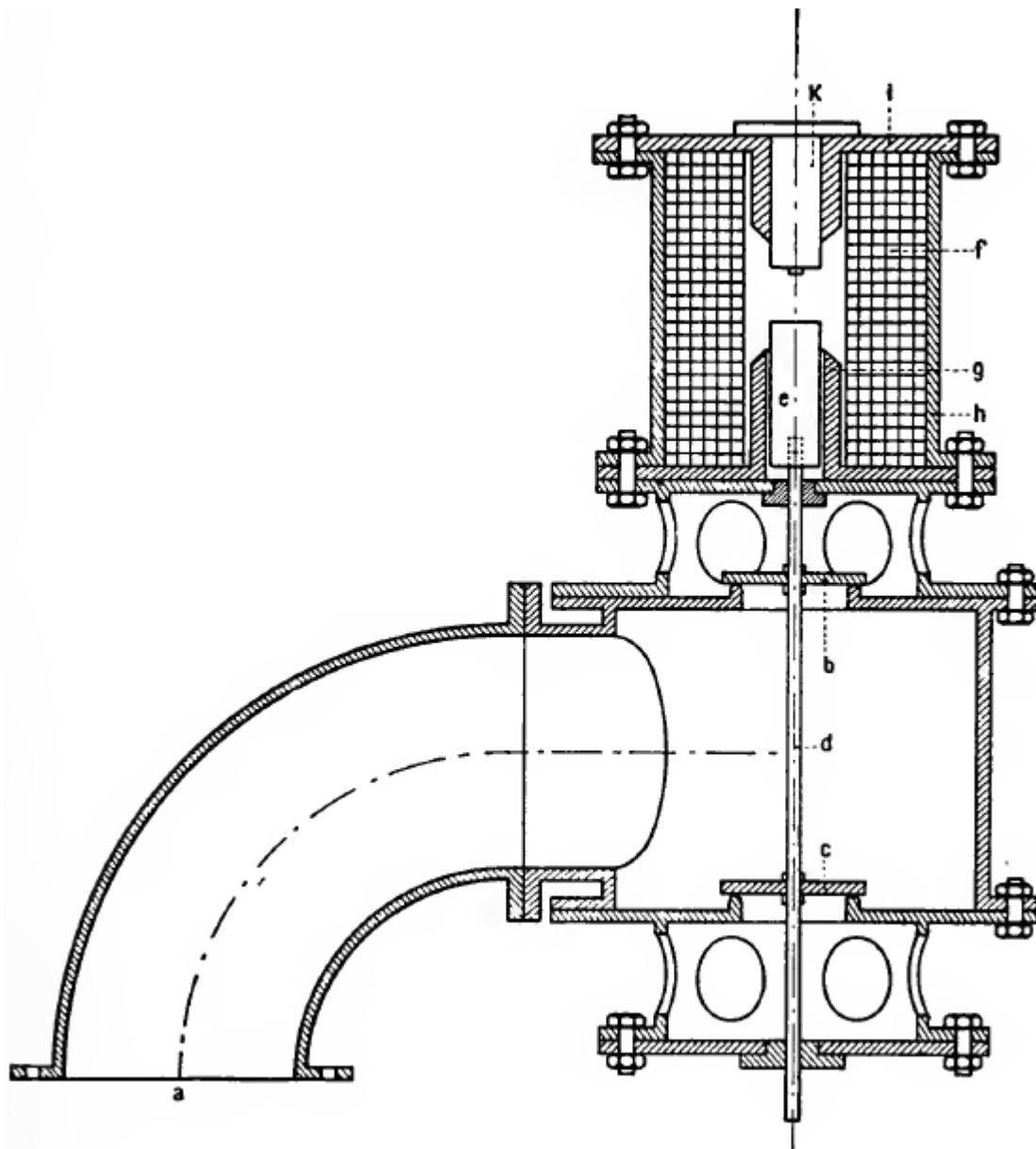


Fig. 27. Válvula de controle compensada

A Fig. 27 mostra melhor que a Fig. 26 alguns detalhes de construção, especialmente a armadura de ferro macio, h, i, j, que conduzirá o fluxo magnético. Antes de nossa partida para Ponza, faltava tempo para resolver esta válvula. Mas agora eu criei e funciona perfeitamente.

Apêndice 12

Medidor de baixa pressão

Nós vimos que o Trieste é fornecido com quatro medidores de pressão Haenni que medem pressões de até 600 atmosferas, correspondendo aproximadamente a profundidades de 33/4 milhas. Como esses medidores de pressão não podem ter uma alta sensibilidade, teria sido interessante ter à sua disposição um manômetro com alcance, por exemplo, correspondendo apenas a 0 a 55 braças de profundidade.

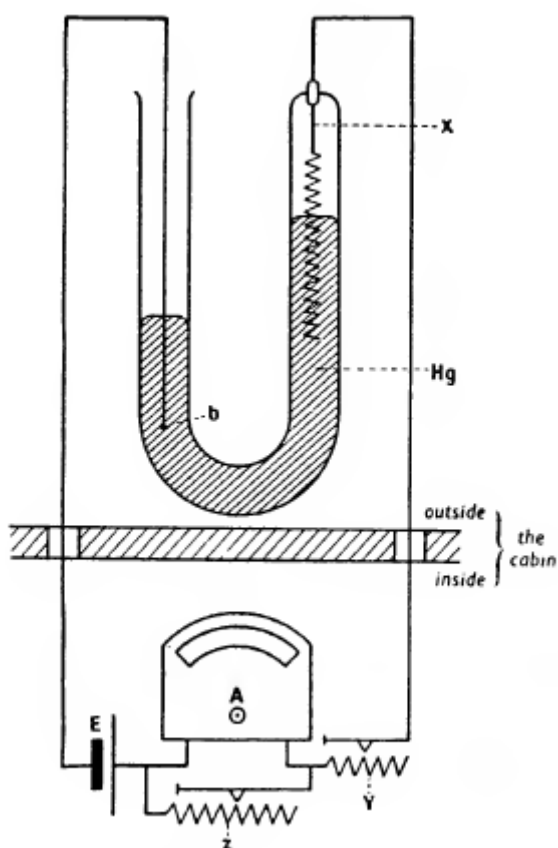


Fig. 28. Manômetro para uso em águas rasas

Nada é mais simples do que utilizar um medidor de pressão normal construído para essas pressões. Mas, naturalmente, esse instrumento não suportaria altas pressões. Seria necessário, portanto, fornecer um galo que o piloto teria que fechar assim que a pressão aproximasse o máximo para o qual o instrumento foi projetado. Esta solução, no entanto, não é adequada na prática, pois se o piloto, que tem muitas coisas para pensar, esquece esse detalhe, o indicador explode. Naturalmente, o uso de um galo automático poderia ter sido previsto, mas seria melhor encontrar um manômetro que, apesar de ainda ser bastante sensível a baixas pressões, poderia sem perigo suportar o mais alto também. Embora ainda não tenha sido projetado em detalhes, gostaria aqui de descrever uma idéia de um instrumento que me parece bastante interessante. A Fig. 28 dá o princípio disso. É um medidor de ar comprimido destinado a ser colocado na antecâmara, portanto submetido à pressão do mar. É formado por um tubo em forma de U em vidro fino, cuja base contém mercúrio (Hg). Um braço está aberto. O outro está fechado. Contém uma resistência formada por uma bobina helicoidal regular de fio

constante constante, uma extremidade da qual é curto-circuito mergulhando no mercúrio. Esta bobina não se estende até o topo do tubo, mas é prolongada por um fio reto, cuja resistência deve ser insignificante. Seja R a resistência adicional que a espiral teria se fosse prolongada até a parte superior do tubo. Vamos agora fechar nosso circuito elétrico por uma resistência Y, um miliamperímetro A com shunt Z e uma pequena bateria seca E, de modo que toda a resistência externa seja exatamente igual a R. Então, enquanto o mercúrio não for além do topo da bobina, a resistência total do circuito será proporcional ao volume de ar incluído acima do mercúrio. Mas esse volume de ar é (se ignorarmos os efeitos da temperatura) inversamente proporcional à pressão: e como a corrente é inversamente proporcional à resistência, segue-se que a corrente é proporcional à pressão. As resistências ajustáveis Y e Z nos permitem ajustar as resistências externas ao valor desejado e regular a sensibilidade do miliamperímetro de tal forma que sua escala dê as profundidades diretamente em metros, por exemplo, mas sempre aumentada pela constante de 33 pés representando a pressão predominante na superfície da água. Assim que a resistência na espiral é completamente curto-circuito pelo mercúrio, a corrente não aumenta mais e o amperímetro não corre o risco de ser sobrecarregado.

Naturalmente, pode-se deixar de fora todas as peças elétricas e colocar o manômetro perto da porta da porta de modo a permitir a observação direta da posição do mercúrio. Mas lendo isso não seria fácil e acho que seria preferível ler as profundidades no painel de instrumentos dentro da cabine.

UM TENTATIVO EM RESTAURAÇÃO

Quando a edição francesa deste trabalho já estava nas mãos da impressora, fiquei familiarizado com o livro que o Comandante Georges Houot e o engenheiro naval Pierre Willm acabaram de publicar sob o título: *Le Batiscafo a 4.050 metros au fond de l'océan*¹ e em que os autores dão uma descrição adequada do bathyscaphe e suas performances e um excelente lote de informações mais interessantes. No entanto, algumas das suas declarações exigem comentários. Eu me arrisco a analisar algumas dessas declarações.

¹ Publicado na Inglaterra como *'Two Thaw Fathoms Down'* (Hamish Hamilton e Rupert Hart-Davis, 1955).

O FNRS 2

Este primeiro bathyscaphe não percebeu todas as esperanças que tinham sido fundadas nela. Isso é acordado. Mas, do mesmo modo, provou que o princípio fundamental do bathyscaphe era bom. Desceu mais profundo do que uma cabine habitável já tinha ido antes.

Houve danos. Através de uma junção mal apertada, um pouco de água penetrou nos isoladores (cheios de óleo) dos circuitos elétricos, que gradualmente colocam alguns dos eletro-ímanes fora de serviço. No entanto, durante o último mergulho, o piloto automático funcionou tão bem que o bathyscaphe aumentou perfeitamente perfeitamente após ter atingido quase exatamente a profundidade prescrita. No entanto, o engenheiro Willm declara (página 36, edição em inglês): "A experiência mostrou que todas as suas artes eram inutilizáveis". Eu acho difícil imaginar que um bathyscaphe de qual "toda a engrenagem fosse inutilizável" poderia ter realizado essa viagem sem uma equipe. Mas ainda há uma observação muito mais curiosa (Houot, página 21): "Quando ela chegou ao porto, não restava nada do flutuador". Realmente, não restava nada do

flutuador? Então, como recuperamos a cabine lo-ton? Deveria ter ido direto para o fundo. O que realmente aconteceu? Após a subida, a ondulação impediu a fixação do equipamento de elevação da torre aos anéis no batiscafo; e em vez de, como previsto, levando o FNRS 2 a bordo do Scaldis, depois de ter esvaziado a gasolina, fomos obrigados a rebocá-lo durante uma noite inteira em más condições. A parte principal do flutuador, isto é, os sete tambores de alumínio que constituem os tanques de gasolina apoiados na armação de aço, não sofreram nada. Mas esses tambores estavam rodeados por um envelope de fina camada de ferro de apenas 1/25 de espessura que formou a carenagem. Este metal foi muito danificado em alguns lugares. Como não tinha nenhuma função vital (que serviu acima de tudo para diminuir a resistência ao progresso do flutuador), este acidente por si só não teria dificultado a realização de experimentos. Os reparos improvisados teriam sido possíveis mesmo com os materiais disponíveis a bordo. Mas outras razões nos obrigaram a realizar as experiências, por exemplo, o fato de que o tempo durante o qual os Scaldis estavam à nossa disposição expirou.

Mais tarde, o bathyscaphe foi desmantelado no porto de Dakar e a cabine, separadamente, foi transportada por navio de carga de Dakar para Toulon. É possível que, ao ver uma fotografia da cabine, após a desmontagem. O Comandante Houot pensou que o FNRS 2 chegou a Dakar em tal estado?

Na página 34, o engenheiro Willm declara; "O princípio do flutuador e o uso de aço-tiro como lastro foram os únicos sobreviventes do FNRS 2." Isso é simplesmente falso. O engenheiro Willm olha momentaneamente que a cabine do FNRS 2, em breve a parte principal do bathyscaphe, foi usada, sem qualquer alteração, para o FNRS j. Além disso, toda uma série de características no primeiro bathyscaphe que eram novos para submarinos foram tomadas em Toulon: a trilha, que pode ser descartada por eletroímã; sem perder a corrente; duas hélices dirigindo o bathyscaphe sem um leme; a válvula de controle; iluminação lateral com lâmpadas imersas em água destilada; o mergulho vazio com piloto automático (controlado por manômetro, relógio, detector de fundo e detector para vazamentos na cabine) e muitos outros detalhes; finalmente, as vigias de plexiglas. Todas as pesquisas teóricas e experimentais que eu tinha dedicado a essas janelas desde antes da guerra não contam para nada? (Ver página 150.) No entanto, é para essas mesmas vigias, capazes de resistir a pressões de dezenas de quilômetros, e não apenas de 9000 metros (5,6 milhas), como diz o Comandante Houot (página 212), que os oficiais navais franceses e o professor Monod, sem hesitação, confiaram nas suas vidas. Foram estes um mero detalhe?¹ Convido o engenheiro Willm a referir-se ao livro de Beebe, onde são descritas as dificuldades encontradas pelos engenheiros antes do uso de minhas buchas de plexiglás.

Em seguida, para depreciar ainda mais a importância do que foi tomado do FNRS 2, o engenheiro Willm continua (página 34): "Mas no protótipo, a maior parte do balastro consistiu em blocos de ferro fundido que eram pesados e pesados. Bird-shot jogou apenas uma parte secundária. . . Gempp² foi levado a abandonar o balastro misto. . . .' Aqui a confusão é tão grande que me pergunto se foi realmente o engenheiro Willm quem escreveu esta passagem. Na verdade, o princípio de libertação

¹*Eu suponho que essa profundidade de 5 * 6 milhas foi alcançada como resultado de um cálculo incorreto. Obtemos, de fato, essa ordem de grandeza, negligenciando os componentes radiais das forças que operam na superfície cônica. No entanto, estes componentes não são de modo algum insignificantes porque combinam no plexiglás com as forças axiais de forma a produzir pressões quase hidrostáticas em três dimensões. Mas a teoria elementar da força dos materiais nos ensina que tal pressão uniforme não é prejudicial à solidez da peça. Para o resto, uma olhada no nosso diagrama na página 150 mostra que a pressão ao quebrar*

O ponto deve ser várias vezes 5,6 milhas de água.

²Gempp é o engenheiro que precedeu o engenheiro Willm no momento da construção do FNRS 3. (Ed.)

As baterias do FNRS 2 foram tomadas para a construção do FNRS3. (Isto é provado pelo fato de que o FNRS 3 perdeu suas baterias várias vezes!) Os tanques do FNRS 2, preenchidos como uma medida de economia com cascalho e sucata, foram fornecidos, na sua base, com uma escotilha que poderia ser aberta no meio de um mergulho, mas como eles só podiam ser fechados na superfície, eles simplesmente eram substituídos por um vaso grande cheio com grânulos de chumbo, o fundo do navio funcionando exatamente como com os tanques do reservatório. Apesar de seus inconvenientes, o princípio do meu sistema misto sem os "blocos de ferro fundido" (que, aliás, foram caixas cheias de sucata) foi assim mantido para o FNRS 3. Era para o Trieste e não para o FNRS 3 que meu filho Jacques sugeriu a desistência do sistema misto e empregava apenas grânulos magnéticos. É uma ótima simplificação. As pastilhas de ferro podem, portanto, ser permitidas para fluir em pequenas doses, enquanto que, em caso de emergência, as duas cubetas contendo este lastro podem ser liberadas.

TESTES VAZIOS COM SOBRECARGA

Em primeiro lugar, devo explicar ao não iniciado o motivo dos testes vazios.

Cada peça em uma construção deve ser calculada com uma certa margem de segurança para resistir ao estresse que normalmente deve suportar. Se não houver erro nos cálculos e se o próprio material estiver em conformidade com as premissas dos cálculos, a peça certamente irá resistir. A experiência prova, no entanto, que pode haver defeitos nos materiais. Isto é particularmente verdadeiro para um pedaço de metal que não é forjado, mas moldado (como a cabine do FNRS 2-3). Para garantir a força da peça, faz-se um "teste vazio". No entanto, sabemos que se uma parte é carregada várias vezes quase até o limite de quebra inicial, ela se tornará "cansada" e terminará cedendo mesmo com cargas um tanto inferiores às primeiras. É por isso que é preciso fazer um teste vazio com certa sobrecarga. No maior número de casos, é escolhida uma sobrecarga da ordem de 50%, muitas vezes mesmo imposta por regulamentos legais. É por esta razão que, desde o início do prédio do FNRS 2, declarou que nunca deveria ser usado por homens em profundidades superiores a dois terços da pressão de prova da cabine e que eu havia fornecido para o primeiro envio Ele estava vazio para $3\frac{3}{4}$ milhas, se nós próprios tivéssemos que ir para $2\frac{1}{2}$ milhas. Esta cabine é feita de aço fundido. Contém, como muitas peças fundidas, pequenos orifícios de ar, com diâmetros que atingem $\frac{1}{5}$ de polegada visíveis nas radiografias, o que provavelmente não prejudica sua força de forma séria. (Isso depende da disposição desses orifícios de ar na parede do casco.)

Sabemos que uma pequena parte desses defeitos foram removidos por chato e substituição por um plugue de material de som. A cabana talvez resistisse a pressões de 9 milhas. Mas uma possibilidade não é uma certeza. É por isso que eu dei o alarme quando eu aprendi através dos jornais que os observadores iriam descer para $2\frac{1}{2}$ milhas sem um teste vazio anterior até $3\frac{3}{4}$ milhas.¹ Sabemos que o FNRSj, antes de ir para baixo com Houot e Willm para 2 milhas a 2790 pés, fez um mergulho vazio para uma profundidade de 2 milhas a 2880 pés., isto é, com uma sobrecarga insignificante de apenas 1,25%. Felizmente, não ocorreu nenhum acidente. Mas se a cabine tivesse cedido, não é eu quem teria sido culpado, sendo o designer responsável pela cabine? Isso não impede o engenheiro Willm de criticar minha atitude e dizendo (página 164): "... não era necessário que ele conclasse sua declaração à imprensa, assessorando as autoridades responsáveis pelo FNRS 3 para realizar um mergulho não tripulado para 6000 metros antes de enviar dois homens para baixo para 4000. Assim, para semear dúvidas sobre as qualidades de uma esfera que ele próprio projetou para suportar a

pressão nesta profundidade, poderia ter tido as consequências mais graves para nós. Foi, de fato, duvidar a capacidade profissional dos engenheiros da Marinha francesa. O pessimismo estava no ar, mas, felizmente, nem os oficiais responsáveis nem o Ministério foram desviados de sua decisão: as provas do bathyscaphe teriam lugar conforme previsto. Esta declaração me surpreendeu. Qualquer engenheiro civil que pusesse em operação uma ponte ferroviária projetada por ele mesmo sem fazer os julgamentos de sobrecarga prescritos seria culpa do ponto de vista da lei e, se ele fizesse o julgamento prescrito nos regulamentos, ele seria questionar a Capacidade profissional dos engenheiros civis?

Isso deve ser ajustado ao lado da pergunta do Comandante Houot (página 116): "Se esta precaução for sempre tomada, como os passageiros do futuro se banharão sempre visitarão a calha mais profunda do globo? Portanto, porque em dez anos, talvez, um explorador valente, ainda desconhecido, desejará, do outro lado do globo, fazer um perigoso

Experiência, devemos hoje negligenciar as regras de segurança que são perfeitamente aplicáveis e foram estabelecidas desde o início pelos construtores da cabine do FNRS3? não consigo entender o argumento deles. Para o resto, antes de ir para 6 milhas, porque seria

¹ *Enviei uma carta registada sobre este assunto às autoridades em Paris.*

impossível fazer um teste vazio para 9 milhas, pode-se tomar uma série de outras medidas de precaução. Por exemplo, pode-se fazer uma cabine em aço forjado projetada com fatores de segurança muito altos, bem verificados por métodos ultra-sônicos e vários testes vazios de longa duração até 6 milhas, uma vez que é importante certificar-se da força do plexiglás. Parece-me que podemos responder com uma lógica análoga: em tempos de guerra é impossível evitar completamente os perigos do fogo inimigo; Por conseguinte, é inútil tomar precauções em tempo de paz numa gama de rifle? Não teria sido mais gracioso e mais justo dizer simplesmente: quatro países, a Bélgica, a França, a Itália e a Suíça, participaram de um esforço comum para avançar nas ciências da paz e para abrir a oceanografia um novo mundo, graças a o balão livre submarino, o batiscafo.

Sem trabalhar, sou feliz por notar que meu trabalho foi visto em outra luz no Ministério, em Paris, o Chefe do Serviço Técnico de Construção Naval e Armamento (Serviço Técnico de Construções e Armes Navales) que me escreveu de novo em 26 de agosto de 1954, em conexão com os defeitos na fundição da cabine: '... Você tem meus agradecimentos cordiais pela assistência que você deu à Marinha neste novo projeto.

Bruxelas, 25 de setembro de 1954.

Reconhecimentos

A construção do Trieste e a realização de seus mergulhos só foram possíveis por causa do apoio inteligente e generoso que encontramos na Suíça e na Itália.

Desejo especialmente aqui expressar a minha mais sincera gratidão ao Governo italiano e à Marinha italiana, bem como ao Conselho Federal Suíço e ao seu Ministro em Roma, M. Celio.

Recebemos subsídios particularmente grandes¹:

dos governos cantões de basileia; Genebra; Neuchatel; e Vaud.

da F.I.A.T. (Turim);

da Fundação para o Desenvolvimento da Economia Nacional Suíça através da Pesquisa Científica (Zurique); Fundação para o Desenvolvimento Econômico e Social da Suíça;

do Fundo Nacional Suíço de Pesquisa Científica {Fonds National

Suisse pour la Recherche Scientifique) (Berna);

As partes principais do bathyscaphe foram fornecidas por:

o Chantiers Réunis de VAdriatique (Trieste-Monfalcone), o flutuador; o italiano Esso Standard, gasolina;

o * Navalmeccanica '(Castellammare di Stabia), equipamento e montagem; a Société Terni, cabana.

Para eles, e particularmente para o falecido Sr. Aurelli, e para os senhores Carmagnini, Ferrentino, Flagiello, Loser, Lucca, Mandrelli, Perrotta, Rossi, Salvio, Traetta e Trevisan, e para todo o pessoal dessas empresas, eu deveria gostaria de expressar toda minha gratidão pelo desinteresse com que participaram no nosso trabalho.

E, finalmente, as seguintes autoridades, instituições, empresas, fabricantes e pessoas privadas têm o direito de agradecer o mais amável, seja pela colaboração quanto pelos subsídios que nos concederam:

¹ *Em ordem alfabética.*

Para começar, em Trieste:

S. S. Aquila's

E. Canz

Professor Giacomini, do Instituto de Física da Universidade

Professor de Henriquez, Diretor do Museu de História

S. A. Ilva

O Síndico de Trieste, engenheiro Bartoli

A Universidade

O Instituto Volta

Então, em ordem alfabética:

Abrasivi Metallici (Milão)

Aero-Club Suisse (Zurique)

Alumínio-Indústria (Chippis-Suisse)

J. André (Lausanne)

Armco (Gênova)

Arthaud (Paris-Grenoble)

Assurance Mutuelle Vaudoise (Lausanne)

Bankverein (Basileia)

Banque Bugnion (Lausanne)

Banque Cantonale de Thurgovie (Weinfelden)

Banque Cantonale Vaudoise (Lausanne)

Banque Hentsch et Cie (Genebra)
Banque Pictet (Genebra)
Baslini (Milão)
Brovins (Boncourt)
Chemische Fabrik (Uetikon, Suíça)
Ciba S.A. (Basileia)
Pasteur A. Clerc (Bruxelas)
Condensateurs S.A. (Fribourg)
Corradini & Primavesi (Milão)
Danzas (Basileia)
De Backer (Bruxelas)
J. Destappes (Bruxelas)
H. Détraz (Vevey)
Draegerwerk S.A. (Luebeck)
Durand & Huguenin (Basileia)
Eisfabrik Burgin (Basileia)
M. Erismann (Zurique)
Escher-Wyss S.A. (Zurique)
F. A. C. E. (Milão)
Falck S.A. (Milão)
Ferrania S.A. (Milão)
Feronnerie Genevoise S.A. (Genebra)
Georg Fischer A. G. (Schaffhausen)
Dr. F. Forel (Chigny, Suíça)
França-Soir (Paris)
Galileo S.A. (Florença)
Glacières de Bruxelles (Bruxelas)
Globus (Zurique)
Henri Groot (Bruxelas)
Grands Moulins de Cossonay
E. Guegi (Zuben, Suíça)
Guzzi S.A. (Mandello del Lario, Itália)
Haenni (Jegenstorf, Suíça)
Hensemberger S.A. (Monza, Itália)
Heuer (Bienne)
HofFman-La Roche (Basileia)
Huber (Pffikon-Zurique)
Ihagee Exakta (Dresden)
Incom (Roma)
Innocenti (Milão)
Instruments de Physique S.A. (Genebra)
Koudelsky (Lausanne)
P. Lancieri (Milão)
Lavorazione Leghe Leggere S.A. (Porto-Marghera)
Leutert (Zurique)
Dr. Limentani (Milão)
Longines S.A. (Saint-Imier)
J. Liithi et Cie (Burgdorf)
Mahler (Zurique)
M. Maréchal (Bruxelas)

E. Marelli (Milão)
Matex (Milão)
Mess-Union (Zurique)
Microtechnique S.A. (Turim)
Minifon
Montecatini S.A. (Milão)
Movado (La Chaux de Fonds)
Nestlé S.A. (Vevey)
Notz et Cie (Bienne)
Ofinco S.A. (Genebra)
G. Pagano (Quisisana-Castellammare)
Paillard S.A. (Sainte-Croix, Suíça)
Papierfabrik (Cham, Suíça)
Pejrani (Turim)
Philips S.A. (Milão)
Mirelli S.A. (Milão)
Plus A.C. (Basileia)
A. de Ridder (Prégny, Genebra)
Rinaldi S.A. (Milão)
Rolex S.A. (Genebra)
Baron de Rothschild (Prégny, Genebra)
M. Rubel (Zurique)
Salvas S.A. (Roma)
Sandoz S.A. (Basileia)
Sauter S.A. (Basileia)
Schaublin S.A. (Bévilard)
Schneider & Cie (Winterthur)
J. Schoch & Cie (Zurique)
Schott und Genossen (Mainz)
Sécheron S.A. (Genebra)
Siemans S.A. (Milão)
Siva (Turim)
Société Italienne pour l'Oxygène (Milão)
Dr. J. Somerhausen (Bruxelas)
Spoerry & Cie (Flums)
Sprecher & Schuh (Aarau)
Mme. Tissot (Basileia)
Union Suisse (Genebra)
Universidade de Nápoles
Uraca S.A. (Urach)
Vassena (Lecco)
CH. Veillon (Lausanne)
M. Veillon (Meyrin, Suíça)
Vetrocoke S.A. (Porto-Marghera)
'Vevey' S.A.
C. Zellweger (Prégny, Suíça)

